

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO VALE DO RIBEIRA
CÂMPUS DE REGISTRO

**“USO DE COMPOSTO DE LODO DE ESGOTO NO CULTIVO DE
BANANEIRAS cv. Grand Naine NA REGIÃO DO VALE DO RIBEIRA/SP”**
TRABALHO ORIGINAL DE PESQUISA

GUILHERME BUENO DE GODOI FARIAS

Trabalho de Graduação apresentado à Faculdade
de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira-Câmpus
de Registro – UNESP, para graduação em
AGRONOMIA.

REGISTRO

1º semestre/2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO VALE DO RIBEIRA
CÂMPUS DE REGISTRO

**“USO DE COMPOSTO DE LODO DE ESGOTO NO CULTIVO DE
BANANEIRAS cv. Grand Naine NA REGIÃO DO VALE DO RIBEIRA/SP”**
TRABALHO ORIGINAL DE PESQUISA

GUILHERME BUENO DE GODOI FARIAS

Orientador: Prof. Dr. Leandro José Grava Godoy

Co-orientador: Dr. Edson Shigueaki Nomura

Trabalho de Graduação apresentado à Faculdade
de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira -Câmpus
de Registro – UNESP, para graduação em
AGRONOMIA.

REGISTRO

1º semestre/2024

F224u

Farias, Guilherme Bueno de Godoi

USO DE COMPOSTO DE LODO DE ESGOTO NO CULTIVO DE BANANEIRAS

cv. Grand Naine NA REGIÃO DO VALE DO RIBEIRA/SP / Guilherme Bueno de
Godoi Farias. -- Registro, 2024

54 p. : tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) -
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do
Ribeira, Registro

Orientador: Leandro José Grava Godoy

Coorientador: Edson Shigueaki Nomura

1. lodo de esgoto. 2. bananeira. 3. matéria orgânica. 4. biologia do solo. 5. Compostos
(Fertilizantes). I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira, Registro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao Prof. Dr. Leandro José Grava de Godoy, meu orientador, pela orientação acadêmica, suporte constante e valiosas contribuições ao longo deste trabalho.

Ao Dr. Edson Shigueaki Nomura, coorientador, pelo auxílio técnico-científico e pela orientação que protagonizou este estudo.

À APTA Regional de Pariquera-Açu, pelo suporte logístico e pela oportunidade de realizar as avaliações práticas necessárias para este trabalho.

À FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), pelo financiamento concedido através do projeto N° 2023/18448-0, fundamental para a realização deste estudo.

À minha querida e estimada mãe, Fernanda Cristina Bueno de Godoi, pelo apoio incondicional, tanto financeiro quanto psicológico, que foi essencial para que eu pudesse me dedicar integralmente a este trabalho.

RESUMO

A banana uma das frutas mais consumidas globalmente, desempenha um papel crucial na segurança alimentar e na economia de muitas nações, não apenas como alimento, mas também como geradora de renda por meio de sua comercialização e cadeia produtiva. Em São Paulo, o Vale do Ribeira se destaca como principal região produtora, enquanto preserva o status de maior remanescente de Mata Atlântica do país. Nesse contexto, o uso de matéria orgânica no solo emerge como uma alternativa promissora. A incorporação de matéria orgânica pode não apenas melhorar a qualidade do solo, mas também promover a saúde e a fertilidade do mesmo, contribuindo para o desenvolvimento e a produção das bananeiras. Assim, o projeto em questão tem como objetivos avaliar o desenvolvimento e a produção de bananeiras na região do Vale do Ribeira, bem como os efeitos de diferentes doses de composto orgânico nos atributos químicos e biológicos do solo. O experimento foi implantado na fazenda experimental da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, APTA, Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento Regional de Pariquera-Açu, SP. Os tratamentos consistiram em doses do composto orgânico da “Tera Nutrição Vegetal” (0, 4, 8 e 12 Kg.planta⁻¹ano⁻¹). Os resultados mostram que as doses de composto orgânico afetaram o crescimento das bananeiras, com uma redução na taxa de crescimento em comparação com a testemunha. No entanto, no segundo ciclo, a dose de 4 kg.planta⁻¹ resultou em um aumento na massa fresca dos frutos. Além disso, houve um aumento na atividade enzimática do solo com a aplicação do composto orgânico, mas não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre as diferentes doses utilizadas.

Palavras-chave: *Musa spp.*, matéria orgânica, composto orgânico

ABSTRACT

Banana, one of the most globally consumed fruits, plays a crucial role in food security and the economy of many nations, not only as a source of sustenance but also as a revenue generator through its commercialization and production chain. In São Paulo, the Vale do Ribeira stands out as the main producing region, contributing approximately 68% of the state's production in 2020, while preserving the status of the largest remnant of the Atlantic Forest in the country. In this context, the use of organic matter in the soil emerges as a promising alternative. The incorporation of organic matter can not only improve soil quality but also promote its health and fertility, contributing to the development and production of banana plants. Thus, the project aims to evaluate the development and production of banana plants in the Vale do Ribeira region, as well as the effects of different doses of organic compost on the soil's chemical and biological attributes. The experiment was conducted at the experimental farm of the Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Regional Research and Development Unit of Pariquera-Açu, SP. The treatments consisted of doses of organic compost from "Tera Nutrição Vegetal" (0, 4, 8, and 12 Kg.plant⁻¹year⁻¹). The results show that the doses of organic compost affected the growth of banana plants, with a reduction in growth rate compared to the control. However, in the second cycle, the 4 Kg.plant⁻¹ dose resulted in an increase in the fresh fruit mass. Additionally, there was an increase in soil enzymatic activity with the application of organic compost, but no statistically significant differences were found between the different doses used.

Keywords: *Musa spp.*, organic matter, organic compound.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira
Câmpus de Registro

CERTIFICADO

TRABALHO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

TÍTULO: "USO DE COMPOSTO DE LODO DE ESGOTO NO CULTIVO DE BANANEIRAS
cv. Grand Naine NA REGIÃO DO VALE DO RIBEIRA/SP"

ACADÊMICO: Guilherme Bueno de Godoi Farias

ORIENTADOR: Prof. Dr. Leandro José Grava de Godoy

PERÍODO: 9º Semestre 5º Ano

Aprovado: ☒

Reprovado: ☐

BANCA EXAMINADORA:

Presidente Prof. Dr. Leandro José Grava de Godoy

Membro Dr. Edson Shigueaki Nomura

Membro Profª Dra. Francisca Alcivania de Melo Silva

Registro, 27 / 06 / 2024

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise do composto orgânico utilizado no primeiro ciclo.	18
Tabela 2. Resultados das análises das atividades enzimáticas da microbiologia do solo antes da aplicação do composto orgânico, Pariquera-Açu, SP, 2023.....	20
Tabela 3. Atributos químicos do solo da camada de 0-20 cm, Pariquera-Açu, SP, 2023.	22
Tabela 4. Atributos químicos do solo da camada subsuperficial de 20-40 cm, Pariquera-Açu, SP, 2023.	22
Tabela 5. Resultados das análises das atividades enzimáticas da microbiologia do solo após um ano da aplicação do composto orgânico, Pariquera-Açu, SP, 2024.....	28
Tabela 6. Atributos químicos do solo da camada de 0-20 cm um ano após a aplicação do composto orgânico, Pariquera-Açu, SP, 2023.	29
Tabela 7. Resultados das análises foliares de macronutriente em bananeiras com a aplicação do composto orgânico, Pariquera-Açu, SP, 2024.....	31
Tabela 8. Resultados das análises foliares de micronutriente em bananeiras com a aplicação do composto orgânico, Pariquera-Açu, SP, 2024.....	32
Tabela 9. Médias da altura e diâmetro do pseudocaule da bananeira cv. Grande Naine com diferentes doses de composto orgânico, Pariquera-Açu, SP, 2023.	33
Tabela 10. Médias do número de folhas ativas no florescimento e colheita do cacho da bananeira cv. Grande Naine com diferentes doses de composto orgânico, Pariquera-Açu, SP, 2023.	34
Tabela 11. Médias da altura do filho no florescimento e na colheita do cacho e porcentagem de crescimento entre estes dois períodos da bananeira cv. Grande Naine com diferentes doses de composto orgânico, Pariquera-Açu, SP, 2023.	35
Tabela 12. Médias do intervalo entre o florescimento e a colheita e intervalo entre as colheitas da bananeira cv. Grande Naine com diferentes doses de composto orgânico, Pariquera-Açu, SP, 2023...	35
Tabela 13. Médias da massa fresca do cacho e dos frutos comercializáveis e produtividade da bananeira cv. Grande Naine com diferentes doses de composto orgânico, Pariquera-Açu, SP, 2023.	36
Tabela 14. Médias do número de pencas, total de frutas e número de frutos na 2ª penca da bananeira cv. Grande Naine com diferentes doses de composto orgânico, Pariquera-Açu, SP, 2023.	36
Tabela 15. Médias da massa fresca da 2ª penca e por fruto e comprimento do fruto da bananeira cv. Grande Naine com diferentes doses de composto orgânico, Pariquera-Açu, SP, 2023.	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	REVISÃO DE LIETRATURA	8
2.1	BANANICULTURA	8
2.2	CULTIVO DE BANANEIRA	9
2.3	USO DA MATÉRIA ORGÂNICA.....	10
2.4	BIOLOGIA DO SOLO.....	Erro! Indicador não definido.
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	16
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	17
3.3	AVALIAÇÕES.....	19
3.3.1	Cinética de liberação dos nutrientes do composto orgânico	19
3.3.2	Avaliação da biologia do solo	20
3.3.3	Atributos químicos do solo.....	20
3.3.4	Estado nutricional das bananeiras.....	23
3.3.5	Desenvolvimento das bananeiras.....	23
3.3.6	Produção de frutos	24
3.3.7	Análise de dados	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
4.1	CINÉTICA DE LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES.....	25
4.2	ATIVIDADES BIOLÓGICAS DO SOLO	27
4.3	ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO	29
4.4	ESTADO NUTRICIONAL DAS BANANEIRAS	31
4.5	DESENVOLVIMENTO DAS BANANEIRAS	33
5	CONCLUSÃO	39
6	REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

A banana é uma das frutas mais consumidas e economicamente importantes em todo o mundo, desempenhando um papel crucial na segurança alimentar e na geração de renda para muitas nações. Além de seu valor como alimento, a produção de bananas contribui significativamente para a economia global. No entanto, apesar de seu potencial produtivo, a indústria da bananicultura enfrenta desafios relacionados à baixa produtividade e à qualidade dos frutos. Esses desafios são influenciados por uma variedade de fatores, incluindo o nível tecnológico empregado, a adoção de práticas culturais adequadas e o manejo nutricional das bananeiras.

No Brasil, um dos principais países produtores de banana, a diversidade de condições edáficas favoráveis ao cultivo da bananeira nem sempre é totalmente explorada. A falta de conhecimento sobre as características do solo e as exigências nutricionais das plantas muitas vezes resulta em um manejo inadequado da adubação, levando a uma baixa produtividade e má qualidade dos frutos. Além disso, a disparidade tecnológica entre os principais polos de produção, como o Vale do Ribeira em São Paulo, e a não adoção de práticas culturais recomendadas contribuem para reduzir a eficiência e a sustentabilidade da atividade agrícola.

No estado de São Paulo, o Vale do Ribeira desponta como uma das áreas mais proeminentes na produção de bananas, representando aproximadamente 68% da produção total do estado em 2020, segundo dados do IBGE (2021). Além de ser uma importante região produtora de bananas, o Vale do Ribeira também se destaca como o maior remanescente de Mata Atlântica do país. Essa dualidade impõe aos produtores a necessidade de maximizar a produtividade dentro de uma área limitada, considerando as restrições ambientais associadas à expansão territorial. Como resultado, surge uma demanda crescente por pesquisas que visem aumentar o rendimento da produção de bananas nesta região específica. Diante da expectativa de transição para uma agricultura mais sustentável e produtiva, torna-se essencial explorar estratégias que promovam o aumento da produtividade da bananicultura de forma sustentável. Nesse contexto, o uso de matéria orgânica no solo emerge como uma alternativa promissora. A incorporação de matéria orgânica pode não apenas melhorar a qualidade do solo, mas também promover a saúde e a fertilidade do mesmo, contribuindo para o desenvolvimento e a produção das bananeiras.

Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar o desenvolvimento, a produção e os efeitos de doses de composto orgânico no cultivo de bananeiras na região do Vale do Ribeira/SP, considerando os atributos químicos e biológicos do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 BANANICULTURA

A banana é uma das frutas mais consumidas no mundo, tendo valores nutricionais relevantes e contribuindo assim com a segurança alimentar humana. Além do seu papel como alimento, contribui economicamente para muitas nações gerando renda, através da comercialização do fruto e demais mercados presentes em sua cadeia produtiva. Segundo dados da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), a produção mundial da fruta em 2020 chegou à marca de aproximadamente 120 milhões de toneladas, isto numa área de 5,2 milhões de hectares, sendo que o Brasil foi o quarto maior produtor e representou 5,54% da produção mundial tendo uma produtividade de 14,6 toneladas por hectare, tais valores produtivos se mostram baixos quando comparados a produtividade média do mundo que está em 23,03 toneladas por hectare (FAOSTAT, 2021). Podemos relacionar isso com baixo rendimento de algumas regiões produtoras devido ao nível tecnológico empregado. Segundo IBGE, em 2020 os quatro estados com maiores produções seriam respectivamente São Paulo, Minas Gerais, Bahia e Santa Catarina. Porém não temos uma produtividade uniforme entre estas regiões, por exemplo, o estado da Bahia tem a maior área cultivada no país e apresenta rendimento de 12,09 t.ha⁻¹ ao contrário dos estados de Santa Catarina e São Paulo que apresentam valores maiores de rendimento (22,76 t.ha⁻¹ e 20,50 t.ha⁻¹) com área significativamente menores de cultivo (IBGE, 2021).

Já em São Paulo a região com maior destaque é o Vale do Ribeira, que em 2020 contribui com aproximadamente 68% da produção paulista (IBGE, 2021). Além de ser a região de maior contribuição para produção da banana também é o maior remanescente de Mata Atlântica do País, exigindo dos produtores máxima produtividade, pois a expansão territorial se torna inviável do ponto de vista ambiental. E com isso é gerada a demanda por pesquisas que intensifiquem o rendimento nesta região.

Em todo território brasileiro encontram-se condições edáficas favoráveis ao cultivo da bananeira, contudo, nem sempre são utilizados os solos mais adequados, o que reflete em baixa produtividade e má qualidade dos frutos no Brasil (BORGES *et al.*, 1999). Na maioria das vezes, o desconhecimento das características do solo e, sobretudo, da exigência nutricional das plantas levam ao manejo inadequado da adubação, que afetará o desenvolvimento e a produção

das bananeiras (BORGES *et al.*, 1999). No entanto, as diferenças tecnológicas dos principais polos de produção de banana no país e não adoção das práticas culturais recomendadas para a cultura também acarreta redução da produtividade e da qualidade das bananas (NOMURA, 2015). Frente a expectativa de mudanças do paradigma para uma agricultura mais sustentável associada ao crescimento produtivo, a adoção de estratégias que possibilitem a proteção contínua do solo em regiões como o Vale do Ribeira pode ser uma das alternativas para a continuidade do sucesso da atividade agrícola de forma sustentável. Dentre estas alternativas é o uso de matéria orgânica no solo, que possibilita a recomposição e manutenção de macro e microrganismo no solo, bem como fornecimento de nutrientes.

2.2 NUTRIÇÃO DA BANANEIRA

Planta de crescimento rápido que requer, para um ótimo desenvolvimento e produção, quantidades adequadas de água e nutrientes prontamente disponíveis (MOREIRA, 1999). Em cultivos comerciais, a bananeira necessita de grandes quantidades de nutrientes minerais para a manutenção de produções elevadas ao longo do tempo, sendo que estes nutrientes podem ser fornecidos pelo solo, com o plantio em áreas de fertilidade natural elevada, ou por meio da aplicação de fertilizantes em quantidades e proporções adequadas às necessidades da cultura (LAHAV; TURNER, 1989; SOTO- BALLESTERO, 2008). Baixas produtividades, e geralmente, má qualidade dos frutos, podem ser explicadas pelas precárias estruturas de produção e comercialização, baixo nível tecnológico empregado nos cultivos, ataque de pragas e doenças e, principalmente, pelo manejo nutricional inadequado das bananeiras (BORGES *et al.*, 1999).

O potássio (K) e o nitrogênio (N) estão diretamente relacionados com o crescimento, produção e qualidade dos frutos da bananeira (MOREIRA, 1999). O potássio é o macronutriente extraído em maior quantidade pelas bananeiras (62% do total dos macronutrientes e 41% do total de nutrientes da planta), segundo Borges e Oliveira (2000).

O K tem grande participação nos processos nutricionais, pois controla a retenção de água pelas células, ou seja, sua turgidez, pois ao controlar a água dentro das células, o K regula a velocidade de circulação da seiva e, conseqüentemente, a de quase todos os nutrientes (MOREIRA, 1999), principalmente para garantir uma ótima atividade enzimática

(MALAVOLTA *et al.*, 1997; EPSTEIN; BLOOM, 2006). Além disso, atua nas trocas metabólicas e transpiração, por controlar a abertura e o fechamento dos estômatos nas folhas (MOREIRA, 1999) e na resistência da planta à incidência de pragas e doenças por efeito na permeabilidade da membrana plasmáticas (CANTARELLA, 2007).

O nitrogênio tem função estrutural na planta, fazendo parte de moléculas de aminoácidos e proteínas, além de ser constituinte de bases nitrogenadas e de ácidos nucleicos. O N participa direta e indiretamente de processos como absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (MALAVOLTA, 1997). O N é um nutriente muito importante para o crescimento vegetativo da planta, na emissão e desenvolvimento dos filhos, além de aumentar a quantidade de matéria seca da planta (BORGES *et al.*, 1999). A quantidade de N existente na planta determina o comprimento e a largura das folhas de bananeira, assim como o tamanho do seu pecíolo, além de definir o número de folhas, de pencas e de frutos no cacho que a planta vai produzir (MOREIRA, 1999). Este mesmo autor relata que o N regula a maior ou menor formação de cera nas folhas, o que tem certa influência na resistência ao desenvolvimento da Sigatoka-negra.

No entanto, o N e o K, quando presentes na solução do solo, movimentam-se verticalmente, principalmente pela água de drenagem. Em função deste movimento, estes nutrientes podem ser perdidos por lixiviação, ou seja, transportados para profundidades além daquelas ocupadas pelas raízes (OLIVEIRA & VILLAS BOAS, 2008). A movimentação do K no perfil do solo depende, principalmente, do tipo de solo, textura (NEVES *et al.*, 2009), capacidade de troca catiônica (CTC), regime hídrico, da dose e solubilidade do fertilizante (ROSOLEM *et al.*, 2006). O mesmo ocorre com o N na forma nítrica, na qual elevadas adubações com fertilizantes nitrogenados implicam em aumento dos custos de produção e também potencializam os riscos de contaminação das águas do lençol freático pela lixiviação de nitrato, principalmente quando são realizadas irrigações além das exigências das culturas ou mesmo após a ocorrência de elevadas precipitações (ZHU *et al.*, 2005), como é o caso da região do Vale do Ribeira, com média dos últimos 10 anos (2006-2016) de 1.721,9 mm anuais (CIIAGRO, 2017).

2.3 USO DA MATÉRIA ORGÂNICA

Atualmente, a agricultura é monopolizada por fertilizantes químicos. Efeitos adversos

da fertilização química excessiva ou inadequada são a nutrição rápida das plantas, contaminação da superfície e recursos hídricos subterrâneos (LIANG *et al.*, 2013) e emissões de gases de efeito estufa (ZHU *et al.*, 2019). A agricultura intensiva pode aumentar a salinidade do solo, especialmente em áreas áridas e semiáridas. A salinização é responsável por maiores taxas de erosão, redução microbiana e atividades enzimáticas e a consequente degradação do solo. Essas circunstâncias agravam o esgotamento do carbono orgânico do solo (DALIAKOPOULOS *et al.*, 2016). Mudanças na razão carbono/nitrogênio (C/N) pode modificar notavelmente a diversidade microbiana do solo (SEPEHRI; SARRAFZADEH, 2019).

A matéria orgânica do solo (MOS) é considerada o principal árbitro e indicador de fertilidade do solo devido ao seu impacto nas propriedades químicas, físicas e biológicas (ROMIGET *et al.*, 1995; REIS, 1997; ROBERTSON *et al.*, 2014). A matéria orgânica aumenta a aeração e capacidade retenção de água, fornece habitat para organismos do solo que se alimentam e atuam na ciclagem de nutrientes, os retém e fornece em níveis críticos para a produtividade (BRADY; WEIL, 2007). O papel da MOS no suporte e sustentação do solo como um recurso está ganhando maior atenção por meio de iniciativas que promovem o conceito de saúde e qualidade de solo (FAO 2005; NRCS 2012; FINE *et al.*, 2017). O paradigma orientador dessas iniciativas é que adicionar matéria orgânica ao solo cria solos resilientes e férteis, melhorando as propriedades do solo. Isso, por sua vez, garante uma produtividade mais estável e duradoura e diminui a dependência de insumos externos como fertilizantes minerais e irrigação (REEVES, 1997; ROBERTSON *et al.*, 2014).

O uso de fertilizantes orgânicos e organominerais, principalmente através da reciclagem de resíduos de culturas, estrume ou outras biomassas, está surgindo para superar as desvantagens dos fertilizantes inorgânicos. O desenvolvimento de fertilizantes orgânicos que não dependem da disponibilidade de recursos minerais ou processos de uso intensivo de energia e baseado no uso de materiais renováveis é um avanço significativo para a economia circular que reincorpora materiais residuais em o ciclo de produção (PAUNGFOO-LONHIENNE *et al.*, 2019). Aplicação a longo prazo de compostos orgânicos em áreas agrícolas pode melhorar a microbiota do solo, estrutura ecológica, diversidade bacteriana, atividade enzimática, eficiência no uso da água e produção em geral (LIU *et al.*, 2014b; QIAN *et al.*, 2015; XU *et al.*, 2015a; ZHAO *et al.*, 2014). Aplicação em longo prazo de fertilizantes orgânico eleva a quantidade e a qualidade da matéria orgânica do solo através do aumento da biomassa microbiana e da atividade enzimática (DONG *et al.*, 2012; TIAN *et al.*, 2017).

A forma e distribuição da matéria orgânica do solo dependem de uma série de processos que podem agir independentemente ou em conjunto. A maioria desses processos estão

relacionados com a decomposição inicial dos resíduos vegetais por um conjunto de organismos que formam a fauna do solo, e dão continuidade a decomposição, transporte e acúmulo dos subprodutos gerados. Descrições das formas, distribuição e gênese de componentes orgânicos em solos podem variar de simples a extremamente complexos. Do ponto de vista micro morfológico a abordagem para tais descrições são comparativamente variadas. Por exemplo, em um dos trabalhos seminais focados na gênese e micromorfologia do solo, Brewer (1964) essencialmente ignorou o componente da matéria orgânica do solo (BARRATT, 1969; BABEL, 1975; STOOPS; ESWARAN, 1986). Outros, no entanto, propuseram abordagens detalhadas para descrever sua forma e distribuição nos solos (KUBIËNA, 1953; BARRATT, 1969; BAL, 1973; De CONINCK *et al.*, 1974; BABEL, 1975; FOX, 1984; PAWLUK, 1987). A matéria orgânica do solo, muitas vezes denominada “húmus”, tem sido aplicada como um termo amplo para descrever toda a matéria morta de origem biológica no solo (BONN *et al.*, 1985). Os exemplos podem variar de uma folha recém-caída (resíduo de planta) até o aparentemente homogêneo gel amorfo, que é rico em carbono sendo misturadas com cobre (Cu) ou constituintes minerais (pigmentos orgânicos). De todas as camadas, horizontes e constituintes do solo examinados sob o microscópio, a matéria orgânica do solo é sem dúvida a mais dinâmica. Nas regiões onde microrganismos e macroinvertebrados são muito ativos (condições úmidas e aeróbicas durante o período mais quente das estações), as características da matéria orgânica do solo, como raízes finas, podem se decompor em uma questão de dias (HENDRICK; PREGITZER, 1997; ARNONE *et al.*, 2000; TINGEY *et al.*, 2000). Nesses casos, a seção delgada representa um instante nas condições do solo no momento da amostragem. Por outro lado, sob condições altamente anaeróbicas (PONNAMPERUMA, 1972; MAUSBACH; RICHARDSON, 1994; CRAFT, 2001), ou em horizontes subsuperficiais, como horizontes espódicos e horizontes superficiais enterrados ricos em matéria orgânica (BLAZEJEWSKI *et al.*, 2005), a decomposição pode ser muito lenta e a seção delgada pode representar um solo mais estável em condições relativas à matéria orgânica.

Ainda há uma incerteza substancial sobre como a quantidade ou concentração de MOS pode influenciar na produtividade (HERRICK, 2000; LOVELAND; WEBB, 2003; EDMEADES, 2003; OLDFIELD *et al.*, 2015; HATFIELD *et al.*, 2017). Os efeitos da MOS na produtividade das culturas são inconsistentes, com diminuição, neutralidade ou aumento produtivo em comparação com solos com menos MOS (BAUER; BLACK, 1992; JOHNSTON *et al.*, 2009; BHARDWAJ *et al.*, 2011; WILLIAMS; HEDLUND, 2013). Além disso, estudos que exploram o efeito da MOS nos rendimentos das culturas são frequentemente confundidos pelo fato de que os gradientes de MOS entre campos agrícolas geralmente resultam de diferentes

taxas e tipos de insumos de matéria orgânica. As entradas podem influenciar diretamente os rendimentos e concentrações de MOS, dificultando desvendar os efeitos independentes da MOS de adubos orgânicos sobre o rendimento das culturas. Especificamente, a adição de adubos orgânicos como resíduos vegetais, composto ou esterco podem ter efeitos nos rendimentos independentemente do conteúdo de MOS (BAKER *et al.*, 2007; POWLSON *et al.*, 2014). Por exemplo, reter resíduos de plantas pode aumentar a umidade do solo, o que pode ajudar a aumentar o rendimento das culturas, especialmente em climas áridos (PITTELKOW *et al.*, 2014).

2.4 EFEITO DA MATÉRIA ORGÂNICA NA MICROBIOTA DO SOLO

Os microrganismos são fundamentais na determinação da saúde do solo e fornecem serviços ecossistêmicos essenciais ao crescimento das plantas (SHEN *et al.*, 2015). Estima-se que um único grama de solo possui cerca de 1 bilhão de bactérias, 1 milhão de actinomicetos e 100 mil fungos. Em termos de número de espécies por grama de solo, os números variam de 2000 a 8,3 milhões (GANS *et al.*, 2005; SCHLOSS; HANDELSMAN, 2006). Independentemente do grau de conservadorismo da estimativa utilizada, esses valores dão uma ideia da imensa diversidade metabólica das comunidades microbianas do solo e, consequentemente, da diversidade de processos em que elas atuam.

Um dos maiores desafios para a agricultura neste século XXI consiste em aumentar a produção de alimentos baratos e saudáveis, com lucratividade e a um baixo custo ambiental e social. A superação desse desafio tem no componente biológico do solo um grande aliado, pois sua estreita inter-relação com os componentes físicos e químicos influencia em conjunto não só a produtividade das culturas, mas também a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (MENDES, *et al.*, 2019). Além da proteção contra patógenos, a comunidade microbiana tem papel essencial nos ciclos biogeoquímicos, reorganização e mineralização da matéria orgânica, aquisição de nutrientes e na tolerância à estresses (FALKOWSKI *et al.*, 2008; MENDES *et al.*, 2018), fatores esses que em última instância são determinantes na produtividade das culturas.

A biologia do solo, além de refletir algum aspecto do funcionamento do ecossistema, mostrar uma resposta precisa e rápida a qualquer perturbação, possuir distribuição universal, mas com especificidades regionais, um bom indicador ecológico de qualidade do solo também deve ser de simples determinação e barato (HOLLOWAY; STORK, 1991). Por atenderem a

esses critérios, no todo ou em partes, as avaliações do carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), da respiração basal e das atividades enzimáticas têm sido objeto de inúmeros estudos científicos e se destacam nas pesquisas para avaliar a saúde/qualidade dos solos.

A biomassa microbiana do solo avalia a massa dos microrganismos no solo e é expressa como mg de C, N, e/ou P nos microrganismos por kg de solo. A biomassa é a parte viva e mais ativa da matéria orgânica do solo (MOS), sendo constituída, principalmente, por fungos, bactérias e actinomicetos (MENDES *et al.*, 2019).

Apesar da sua importância em relação ao teor total de carbono orgânico no solo (COS), o tamanho dos componentes vivos da MOS é relativamente pequeno, variando de 1% a 5% do COS (SMITH; PAUL, 1990). Determinações da biomassa microbiana não fornecem indicações sobre os níveis de atividade das populações microbianas do solo, ou seja, podem ocorrer situações em que os solos apresentem elevadas quantidades de biomassa inativa e vice-versa. Daí a importância das análises que medem a atividade microbiana ou o estado metabólico(atual e potencial) das comunidades de microrganismos do solo. Dentre essas, destacam-se as determinações do C e N prontamente mineralizáveis e as de atividade enzimática dos solos.

Os processos biogeoquímicos, que resultam na ciclagem de nutrientes, são mediados pelos microrganismos, raízes das plantas e animais do solo. Todas as reações bioquímicas envolvidas nesses processos são catalisadas por enzimas, que são proteínas com alto poder de ativação específica (TABATABAI, 1994). No solo, as enzimas catalisam todas as reações metabólicas intracelulares, que ocorrem nos seres vivos. Além disso, as enzimas extracelulares desempenham papel fundamental, atuando em várias reações hidrolíticas e oxidativas que resultam na decomposição de resíduos orgânicos (ligninases, celulasas, proteases, glucosidases, galactosidases), ciclagem de nutrientes (fosfatases, sulfatases, urease), formação da MOS e da estrutura do solo. A maior parte das enzimas do solo são de origem microbiana, embora plantas e animais também contribuam como possíveis fontes. Os ensaios para determinação da atividade enzimática são simples e rápidos e baseiam-se na adição de substratos específicos para cada tipo de enzima a uma amostra de solo suspensa em um tampão (TABATABAI, 1994). Após um curto período de incubação, as amostras são filtradas e é realizada a determinação do produto, por colorimetria. Quanto maior a intensidade da coloração, maior a quantidade de produto formado e, conseqüentemente, maior a atividade enzimática do solo. Como esses ensaios são realizados sob condições ideais de pH, temperatura e disponibilidade de substrato, representam a atividade potencial máxima e não a atividade enzimática real do solo (ALEF; NANNIPIERI, 1995).

O potencial das análises de atividade enzimática, especialmente β -glicosidase,

arilsulfatase e fosfatase ácida como indicadores de grande sensibilidade, tem sido verificado no Cerrado (MENDES *et al.*, 2003; GREEN *et al.*, 2007; PEIXOTO *et al.*, 2010) e no sul do País (BALOTA *et al.*, 2004; LISBOA *et al.*, 2012, MENDES *et al.*, 2015).

A β -glicosidase é uma exocelulase e atua na etapa final da decomposição da celulose, convertendo os resíduos de celobiose em duas moléculas de glicose, importante fonte de energia, para as comunidades microbianas no solo. A arilsulfatase é uma enzima da classe das esterases que catalisa a hidrólise de ésteres-sulfatos com liberação do ânion sulfato ($R-O-SO_3^- + H_2O \rightarrow R-OH + H^+ + SO_4^{2-}$). A fosfatase ácida é uma fosfomonoesterase que atua nas transformações do P orgânico (que constitui uma porcentagem significativa do P total do solo) com liberação do ânion fosfato.

Zhang *et al.* (2019) em seu estudo sobre o uso de fertilizante orgânico, avaliou um fertilizante composto de lama de filtro de uma usina de açúcar, resíduos vegetais (resíduos de mandioca, fumo moído e composto de cogumelos) e solução concentrada de melaço (3:5:2, p/p/p). Esse fertilizante foi utilizado no cultivo local de bananeiras do subgrupo Cavendish cv. Williams B6. Os resultados mostraram que, além de aumentar a disponibilidade de matéria orgânica e nutrientes no solo, os fertilizantes orgânicos estimulam as atividades da microbiota do solo e podem atuar como agentes bioativos e/ou melhorar as interações sinérgicas dentro do microbioma do solo, promovendo o crescimento das plantas. Na República Dominicana, Durán *et al.* (2023) avaliou a variedade de banana Williams sob a aplicação de bio sólidos como fertilizante orgânico, o que resultou em benefícios significativos para a fertilidade do solo e disponibilidade de nutrientes. A análise dos parâmetros do solo revelou que o uso de bio sólidos aumentou os níveis de nitrogênio, fósforo e potássio, elementos essenciais para o crescimento e desenvolvimento das bananeiras. Os bio sólidos demonstraram ser particularmente eficazes no incremento das concentrações de nitrogênio e fósforo. Na Baiha Carvalho *et al.* (2020) avaliou as cultivares de banana Prata-Anã (AAB) e BRS Platina (AAAB), submetidas a cinco doses de adubação com esterco bovino e farinha de rocha Naturalplus®. As doses variaram de 0 a 800 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O, demonstrando incremento nos teores de N, P e Cu. A Prata-Anã apresentou maior número de folhas e frutos por cacho, enquanto a BRS Platina destacou-se pela massa média das pencas e comprimento do fruto.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi implantado na fazenda experimental da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, APTA, Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento Regional de Pariquera-Açu, SP, que apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 24°36'31" Sul; 47°53'48" Oeste e 25 m.

O clima da região é classificado como tropical chuvoso, sem estação seca (Af), segundo a classificação de Köppen. Dados de uma série de 10 anos (2006- 2016), registrados na APTA Regional do Vale do Ribeira, mostram que a média anual da temperatura máxima e mínima são de 26,7 °C e 17,1 °C, respectivamente e a pluviosidade média anual é de 1.721,9 mm.

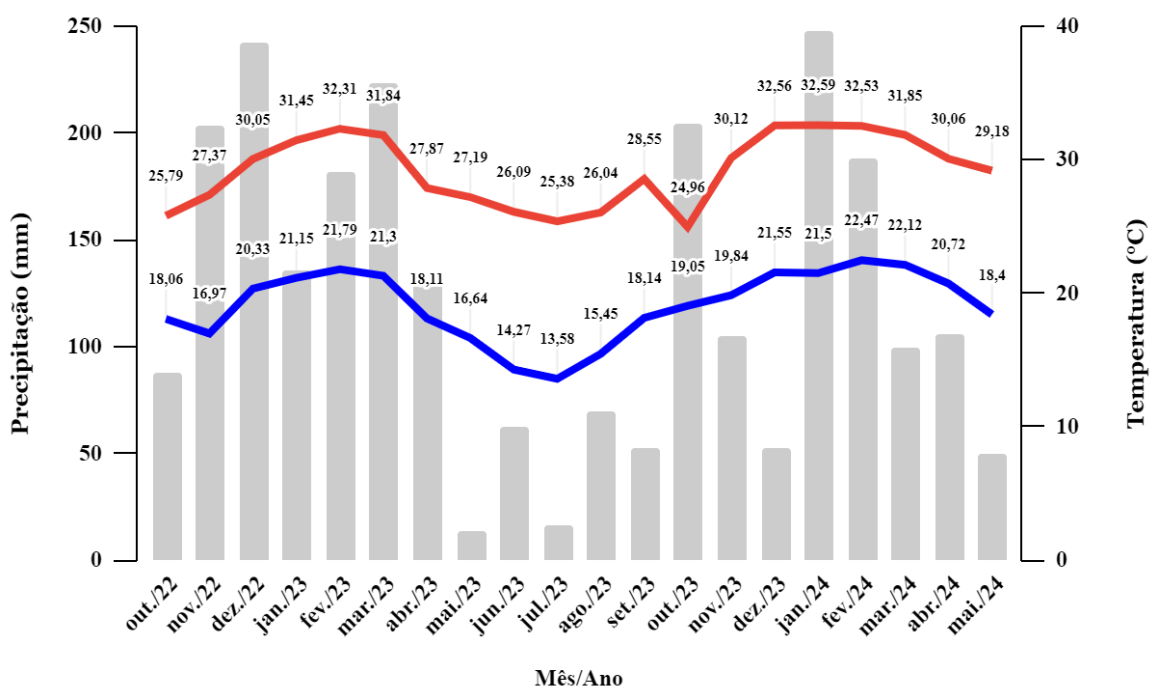


Figura 1. Variações de precipitação e temperatura do município de Pariquera-Açu, estado de São Paulo, no período referente ao primeiro ciclo avaliado (outubro de 2022 a maio de 2024) em que estão representadas em gráficos de linhas as temperaturas máximas (vermelha) e mínima (azul), e em gráfico de barras a precipitação acumulada mensal.

Fonte: CIIAGRO – 2024.

O solo da fazenda no local de instalação do experimento é classificado como Latossolo amarelo, distrófico típico, A moderado, textura média, álicos ou não álicos, fase relevo ondulado (ROSSI, 2017). A área experimental consistia em um bananal já em produção, no quarto ciclo de produção. Nesta área experimental foram utilizadas mudas da cultivar de bananeira Grande Naine, produzidas por micropropagação em laboratório, e aclimatadas até atingirem tamanho adequado para plantio em campo (cerca de 60 cm e 6 a 7 folhas), no espaçamento de 2,0 m x 2,5 m (2.000 plantas. ha⁻¹) e plantadas em 2019.

As adubações com N e K, para a produção dos dois ciclos de produção, foram de acordo com os resultados da análise de solo e foliar, a produtividade esperada de 40 a 50 t.ha⁻¹ e o intervalo das aplicações de acordo as recomendações de Teixeira *et al.* (2014). Todos os tratamentos receberam a mesma dose de N e K, pois a quantidade de nutrientes que o composto orgânico forneceu, somente foi conhecida a partir do estudo da cinética de decomposição e liberação de nutrientes deste estudo.

Para todos os tratamentos foram empregados o mesmo sistema de manejo e condução, tais como: adubação química, desbaste de plantas, retirada de folhas senescentes, retirada do coração e, nos casos em que for necessário, o escoramento da planta (MOREIRA, 1999).

O controle da Sigatoka-negra foi realizado com aplicações preventivas com fungicidas recomendados para a cultura, em intervalos definidos pelo monitoramento segundo o método de Estado de Evolução (EE), adaptado por Fouré e Ganry (2008) e modificado por Moraes *et al.* (2005, 2011).

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro tratamentos e cinco repetições, sendo que cada repetição foi composta por quatro plantas úteis por parcela como mostra-se na Figura 2.

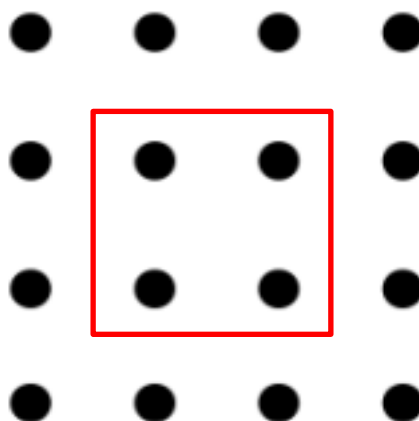


Figura 2. Croqui da parcela experimental sendo evidenciado através da forma em vermelho as plantas aos quais foram submetidas as avaliações

Fonte: Presente autor.

Os tratamentos consistiram em doses do composto orgânico da "Tera Nutrição Vegetal" (0, 4, 8 e 12 kg planta⁻¹ ano⁻¹) obtido a partir da compostagem termofílica de resíduos orgânicos urbanos, industriais e agroindustriais.. Na Tabela 1 é evidenciado os valores referentes aos macro e micronutrientes presentes.

Tabela 1. Análise do composto orgânico utilizado no primeiro ciclo.

Blocos	% M.S.	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B
		g/kg						mg/kg				
B1	62,8	15,3	7,5	8,4	35,2	9,5	7,3	12.210	594	274	601	46,5
B2	61,5	15,8	7,7	8,5	35,9	7,5	7,9	12.310	540	260	575	46,7
B3	63,3	16,5	7,5	8,5	32,5	7,1	8,0	13.870	532	258	547	49,5
B4	61,3	15,7	7,8	8,7	41,6	8,0	10,5	12.480	573	276	591	46,8
B5	62,2	15,8	7,6	8,5	36,3	8,0	8,4	12.718	560	267	578	47,4
Médias	62,2	15,8	7,6	8,5	36,3	8,0	8,4	12.718	560	267	578	47,4

Fonte: Dados próprios do autor.

As doses do composto orgânico foram distribuídas uniformemente, em forma de meia-lua, ao redor da planta filha, como se observa na Figura 3, mantidas no desbaste em outubro de 2022 e de 2023.



Figura 3. Esquema ilustrando local de aplicação do composto orgânico.

Fonte: Presente autor.

3.3 AVALIAÇÕES

3.3.1 Cinética de liberação dos nutrientes do composto orgânico

Visando o acompanhamento da cinética da degradação da matéria orgânica e da liberação dos nutrientes ao solo, o composto orgânico foi acondicionado em saquinho de malha de nylon, de 2,0 x 2,0 mm, com dimensão de 20 x 20 cm, sendo preenchido proporcionalmente com as doses do composto orgânico aplicados nos tratamentos (80, 160 e 240 g). Na Tabela 1 é apresentado os teores de nutrientes do composto orgânico utilizado. A metodologia deste estudo foi adaptada a partir da descrita por Damatto Junior (2008).

Foram dispostos sobre a superfície do solo, quatro saquinhos por tratamento, na entrelinha de plantio das bananeiras e, foram retirados aos 21, 42, 84, 168 e 336 dias após a aplicação do composto orgânico. Após serem retiradas do campo, as amostras (saquinhos) foram secas em estufa a 45°C até peso constante. Posteriormente, foi determinado a massa seca, a relação C/N e os teores de N, P, K, Ca, Mg e S que restaram no material dos saquinhos.

3.3.2 Avaliação da atividade enzimática do solo

Amostras de solo foram coletadas no início e ao final do primeiro ciclo de produção para comparar os valores antes e após a aplicação do composto orgânico na profundidade de 0 a 10 cm, sendo retiradas quatro amostras (compostas por quatro subamostras) para cada tratamento.

A influência das doses de composto orgânico na atividade enzimática foi avaliada através de análises das atividades enzimáticas (arilsulfatase, β -glicosidase e fosfatase ácida), biomassa microbiana do solo (C-BMS e N-BMS), respiração basal e carbono orgânico total (COS) de acordo com a metodologia de Mendes *et al.* (2019). Na Tabela 2, são apresentados os resultados das atividades biológicas do solo nos blocos experimentais antes da aplicação das doses de composto orgânico.

Tabela 2. Resultados das análises das atividades enzimáticas da microbiologia do solo antes da aplicação do composto orgânico, Pariquera-Açu, SP, 2023.

Blocos	Fosf. Ácida	Arilsulfatase	B-glucosidade	Respirometria	C- Biomassa	N-biomassa
		----- $\mu\text{g PNP/g h}$ -----		$\mu\text{g CO}_2/\text{g dia}$	$\mu\text{g C/g solo}$	$\mu\text{g N/g solo}$
B1	191,4	31,2	44,3	24,1	124,2	7,3
B2	206,5	23,8	31,4	22,8	11,5	17,0
B3	218,1	28,5	32,8	31,4	42,1	2,4
B4	248,1	86,6	60,2	39,3	25,8	18,2
B5	210,9	35,3	38,9	28,9	59,9	11,3
Médias	215,0	41,1	41,5	29,3	52,7	11,2

Fonte: Dados próprios do autor.

3.3.3 Atributos químicos do solo

A influência das doses de composto orgânico nos atributos químicos do solo foram avaliadas por meio de análises químicas, descritos por RAIJ *et al.* (2001), determinando-se teor de matéria orgânica (carbono orgânico), pH em CaCl_2 , fósforo extraído com resina, cálcio, magnésio e potássio trocáveis, saturação por bases, cobre, ferro e zinco extraídos com DTPA e

boro em água quente. Foram coletadas amostras de solo ao final de cada ciclo de produção nas profundidades de 0 a 20 cm, sendo retiradas quatro amostras (compostas por quatro subamostras) para cada tratamento. Nas Tabelas 3 e 4 são apresentados os resultados dos atributos químicos do solo dos blocos experimentais antes da aplicação das doses de composto orgânico em duas camadas (0-20 e 20-40 cm).

Tabela 3. Atributos químicos do solo da camada de 0-20 cm, Pariquera-Açu, SP, 2023.

Blocos	pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H + Al	SB	CTC	V%	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	----- mmol _c /dm ³ -----	----- mmol _c /dm ³ -----	----- mmol _c /dm ³ -----	----- mmol _c /dm ³ -----	----- mmol _c /dm ³ -----	----- mmol _c /dm ³ -----	----- mmol _c /dm ³ -----	----- mmol _c /dm ³ -----	----- mmol _c /dm ³ -----	----- mmol _c /dm ³ -----	----- mmol _c /dm ³ -----	----- mmol _c /dm ³ -----
B1	3,80	9,0	25,0	5,80	16,0	6,00	90,0	27,8	118	24,0	1,27	0,20	142,0	2,40	2,30
B2	3,80	1,0	10,0	6,20	15,0	7,00	66,0	28,2	94	30,0	0,92	0,10	193,0	2,20	0,90
B3	3,83	6,3	20,5	5,88	17,0	6,75	83,5	29,5	113	26,5	1,16	0,18	184,8	2,33	1,98
B4	3,70	1,0	14,0	6,70	18,0	7,00	96,0	31,0	128	25,0	1,32	0,10	206,0	1,90	1,00
B5	4,00	14,0	33,0	4,80	19,0	7,00	82,0	30,8	113	27,0	1,13	0,30	198,0	2,80	3,70
Médias	3,8	6,3	20,5	5,88	17,0	6,75	83,5	29,5	113	26,5	1,20	0,18	184,8	2,33	1,98
Níveis adequados		26-50	16-40	1,0-1,8	12-24	4,6-9,0					0,2-0,6	0,8-1,2	19-30	6,0-8,0	1,0-1,5

Fonte: Dados próprios do autor.

Tabela 4. Atributos químicos do solo da camada subsuperficial de 20-40 cm, Pariquera-Açu, SP, 2023.

Blocos	pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H + Al	SB	CTC	V%	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	----- mmol _c /dm ³ -----	----- mmol _c /dm ³ -----	----- mmol _c /dm ³ -----	----- mmol _c /dm ³ -----	----- mmol _c /dm ³ -----	----- mmol _c /dm ³ -----	----- mmol _c /dm ³ -----	----- mmol _c /dm ³ -----	----- mmol _c /dm ³ -----	----- mmol _c /dm ³ -----	----- mmol _c /dm ³ -----	----- mmol _c /dm ³ -----
B1	3,70	13,0	27,0	6,70	18,0	8,0	74,0	32,7	107	31,0	1,10	0,20	181,0	2,50	1,60
B2	3,80	7,0	8,0	5,50	17,0	6,0	77,0	28,5	106	27,0	1,00	0,10	130,0	1,60	0,80
B3	3,85	10,0	19,0	6,08	16,0	6,5	79,5	28,6	108	26,5	1,15	0,73	153,5	3,13	2,23
B4	3,90	10,0	14,0	6,50	14,0	6,0	84,0	26,5	111	24,0	1,32	0,10	143,0	1,90	1,20
B5	4,00	10,0	27,0	5,60	15,0	6,0	83,0	26,6	110	24,0	1,17	2,50	160,0	6,50	5,30
Médias	3,9	10,0	19,0	6,10	16,0	6,5	79,5	28,6	108	26,5	1,10	0,70	153,5	3,10	2,20

Fonte: Dados próprios do autor.

3.3.4 Estado nutricional das plantas

Após a emissão da inflorescência dos ciclos de produção, foram coletadas amostras foliares, de quatro plantas úteis por parcela, para formar uma amostra composta. A folha amostrada foi selecionada conforme os procedimentos descritos por Martin-prével (1984) e Borges (2004), no qual se toma da terceira folha a contar da mais nova para a mais velha, uma faixa de 10 a 25 cm de largura na região central da folha, descartando a nervura central e as bordas, quando as plantas lançaram a inflorescência e apresentarem duas ou três pencas masculinas aberta. As amostras foram lavadas, secas em estufa com circulação forçada a 65 °C por 48 horas e, posteriormente moídas para serem analisadas quanto aos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn de acordo com Bataglia *et al.* (1983).

3.3.5 Desenvolvimento das plantas

Para a avaliação do desenvolvimento das cultivares de bananeira foram coletados dados referentes à altura e diâmetro do pseudocaule, número de folhas vivas e ciclos da planta, durante dois ciclos produtivos, conforme metodologia descrita a seguir:

- a) Altura do pseudocaule: foi medida na emissão da inflorescência, tomando-se como referência o nível do solo até a inserção da última folha, utilizando para tal uma régua graduada.
- b) Diâmetro do pseudocaule: foi medida na emissão da inflorescência, na altura de 30 cm acima do nível do solo por meio de paquímetro.
- c) Número de folhas ativas: foi determinado em duas fases da cultura: no florescimento das plantas e no momento da colheita dos cachos. Foram contabilizadas apenas as folhas que apresentarem no momento da avaliação mais da metade do limbo verde.
- d) Ciclo vegetativo: corresponderá ao número de dias entre a colheita do ciclo anterior eo florescimento da planta do ciclo seguinte.
- e) Ciclo produtivo: corresponderá ao número de dias entre colheitas dos ciclos.

3.3.6 Produção de frutos

A colheita dos cachos foi realizada quando os frutos da 2ª penca atingiram entre 34 a 36 mm de diâmetro. A produção foi aferida em dois ciclos de produção, sendo avaliados os seguintes parâmetros:

- a) Massa fresca do cacho: foi determinada em balança digital e os valores expressos em quilograma (Kg).
- b) Número de pencas por cacho: foi determinado após a despenca do cacho.
- c) Número de total de frutos no cacho: foi determinado após a despenca do cacho.
- d) Massa fresca e número de frutos da 2ª penca: após a despenca, a segunda penca foi pesada em balança digital e em seguida contado o número total de frutos.
- e) Comprimento dos frutos: foram mensurados em dez frutos da parte central da fileira externa da 2ª penca, com auxílio de fita métrica.

3.3.7 Análise de dados

Os dados foram submetidos à análise de variância por meio do teste F, e quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para os atributos químicos do solo, estado nutricional das bananeiras e as avaliações de desenvolvimento e produção e a análise de regressão utilizando os modelos linear e quadrático para a cinética de liberação de nutrientes, por meio do pacote estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CINÉTICA DE LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES

O estudo investigou a cinética de liberação de nutrientes em composto orgânico utilizado na adubação de bananeiras. Os resultados foram analisados em relação aos teores iniciais de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, zinco e matéria seca. Os resultados indicam que a liberação de nitrogênio é influenciada pelo teor inicial do nutriente no composto. Observou-se uma rápida ascensão seguida de declínio na série de 4 Kg/planta, sugerindo uma liberação inicial rápida seguida por diminuição gradual. Na série de 8 Kg/planta, a cinética foi mais estável, indicando um possível equilíbrio entre liberação e assimilação pelas plantas. Não foram observadas diferenças significativas na série de 12 Kg/planta.

A liberação de fósforo aumentou com o tempo nas dosagens de 4 e 8 Kg/planta, porém com taxa de aumento diminuindo ligeiramente. A eficiência de liberação foi maior para 8 Kg/planta, enquanto 4 Kg/planta apresentou eficiência ligeiramente menor. A dosagem de 12 Kg/planta não mostrou tendência significativa.

A liberação de potássio aumentou com o tempo, porém com taxa de liberação diminuindo. Quantidades maiores de composto resultaram em liberação mais rápida, mas com declínio também mais rápido. Não houve significância estatística para a série de 4 Kg/planta.

Observou-se uma correlação linear negativa consistente com a diminuição do teor de cálcio ao longo do tempo para algumas condições. Para outras, não houve tendência clara ou significativa.

A liberação de magnésio diminuiu linearmente ao longo do tempo, independentemente da quantidade inicial do composto. Houve diminuição no teor de enxofre ao longo do tempo para todas as quantidades aplicadas, possivelmente devido à absorção pelas plantas ou lixiviação no solo.

Diferentes quantidades de composto resultaram em taxas distintas de liberação de zinco, com maior taxa observada para 12 kg/planta. As concentrações de zinco aumentaram em todas as doses ao final de um ano.

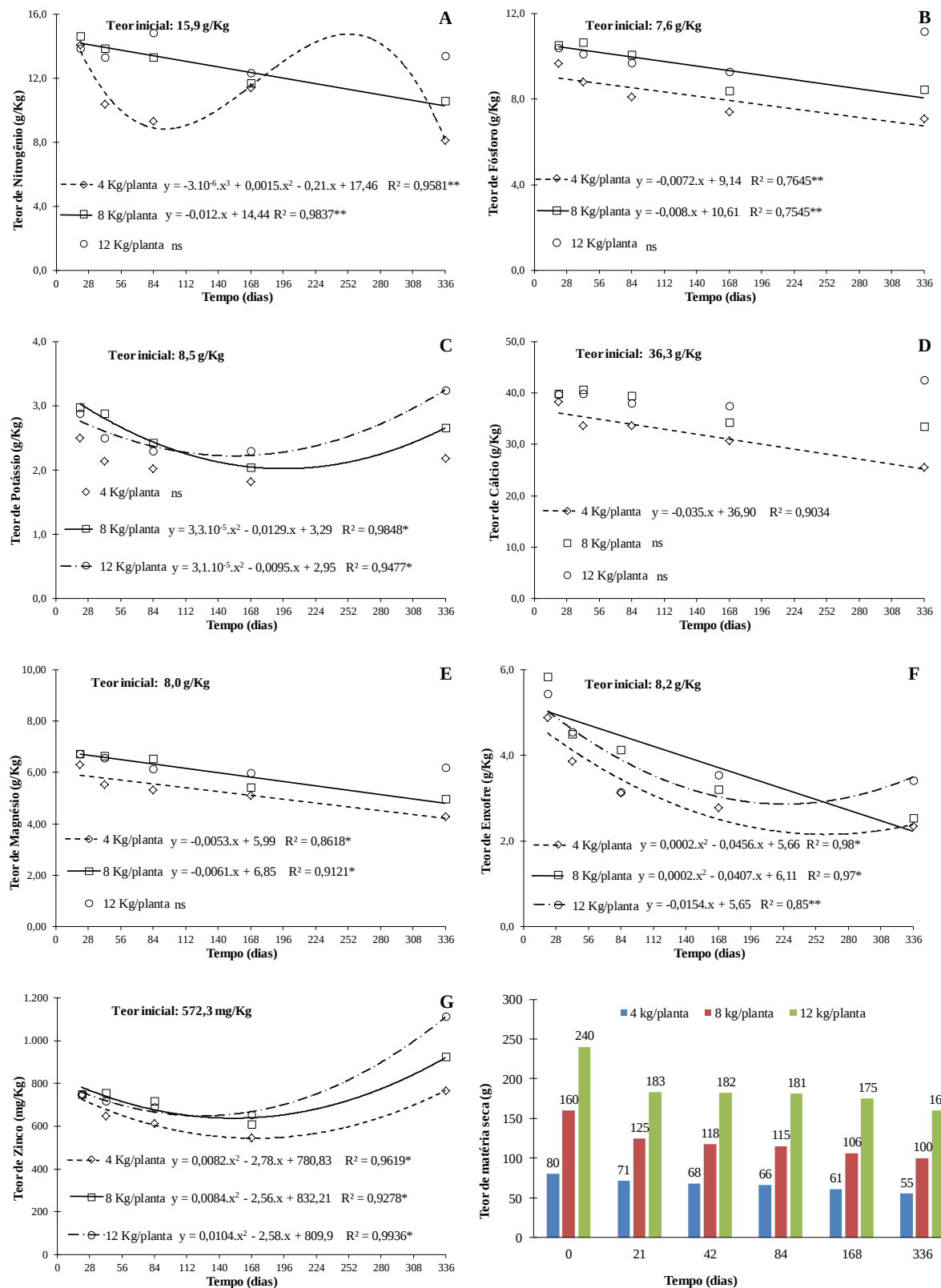


Figura 4. Teores de nutrientes em diferentes doses de composto orgânico ao longo do tempo, Pariquera-Açu, SP, 2023. $^{**}p \geq 0,05$; R^2 = coeficiente de determinação.

Aos 21 dias da aplicação observou-se que a redução da massa da matéria seca do

composto orgânico foi maior na dose de 12 Kg de composto por planta (24,6%), seguido pelas doses de 8 Kg (21,9%) e 4 Kg de composto por planta (11,25%). Nas coletas seguintes aos 42, 84 e 168 após a aplicação do composto houve menor redução da massa da matéria seca, principalmente na dose de 12 Kg composto orgânico. Ao final dos 336 dias após a aplicação, a redução da matéria seca foi de 31,2%, 37,5% e 33,3% nas doses de 4, 8 e 12 Kg de composto orgânico, respectivamente.

Os dados demonstram que a decomposição do composto orgânico foi mais intensa inicialmente no tratamento com 12 Kg/planta, mas todos os tratamentos continuaram a decompor a matéria orgânica ao longo do período de observação. Isso sugere que a dose do composto e o tempo são fatores críticos que influenciam a taxa de decomposição, o que, por sua vez, pode afetar a disponibilidade de nutrientes no solo ao longo do tempo. Outra observação importante que apesar do material orgânico ter decomposto ao longo do tempo, a quantidade decomposta foi menor do que o esperado. Como não foi previsto uma análise física do composto orgânico, supõe-se que há uma grande quantidade de material mineral na composição do composto para não haver redução da massa da matéria seca do composto aplicado.

4.2 ATIVIDADE BIOLÓGICA DO SOLO

Na Tabela 5 podemos observar as atividades enzimáticas da microbiologia do solo após a aplicação do composto orgânico, as médias das atividades enzimáticas no solo aumentaram em comparação com os valores iniciais: Fosfatase Ácida (515 $\mu\text{g PNP/g h}$), Arilsulfatase (68,2 $\mu\text{g PNP/g h}$) e B-glucosidade (55,8 $\mu\text{g PNP/g h}$). Entretanto, a Respirometria diminuiu ligeiramente para 26,4 $\mu\text{g CO}_2/\text{g dia}$. Além disso, houve um aumento no C-biomassa (297 $\mu\text{g C/g solo}$), enquanto o N-biomassa diminuiu para 3,52 $\mu\text{g N/g solo}$. Não foram observadas diferenças significativas entre as doses aplicadas. Os resultados sugerem que a aplicação do composto orgânico promoveu um aumento na atividade enzimática do solo, indicado pelos aumentos na Fosfatase Ácida, Arilsulfatase e B-glucosidade

O composto orgânico que tem como base biossólidos podem afetar a atividade das enzimas do solo de duas maneiras principais. Primeiramente, as propriedades superficiais da fase sólida dos biossólidos podem levar ao aumento da estabilização das enzimas extracelulares. Isso ocorre porque as superfícies dos biossólidos fornecem locais de ligação que protegem as enzimas da degradação e desativação, prolongando sua atividade funcional no solo. Em segundo

lugar, os bio sólidos podem aumentar a atividade enzimática do solo ao fornecer substratos ricos em peptídeos e proteínas. Esses compostos orgânicos servem como fonte de nutrientes para os microrganismos do solo, estimulando sua proliferação. A proliferação microbiana, por sua vez, resulta na produção de mais enzimas, aumentando a capacidade do solo de decompor a matéria orgânica e ciclar nutrientes. A longo prazo, as alterações introduzidas pelos bio sólidos podem produzir um efeito de feedback positivo sobre a atividade microbiana no solo. As enzimas ativas produzidas pelos microrganismos facilitam a mineralização da matriz dos bio sólidos, reduzindo a barreira energética para a decomposição da matéria orgânica complexa. Isso não apenas libera mais nutrientes para as plantas, mas também mantém um ciclo contínuo de atividade enzimática elevada, beneficiando a saúde e a fertilidade do solo (Torri et al., 2014).

Entretanto, é importante considerar o coeficiente de variação (CV) alto observado em alguns parâmetros das análises, como Arilsulfatase (54,3%), N-biomassa (46,4%) e Fosfatase Ácida (37,3%). Um coeficiente de variação alto indica uma alta variabilidade relativa dos dados em relação à média, o que pode sugerir inconsistências nos dados ou variabilidade nas condições experimentais.

Tabela 5. Resultados das análises das atividades enzimáticas da microbiologia do solo após um ano da aplicação do composto orgânico, Pariquera-Açu, SP, 2024.

Doses (Kg/pl.)	Fosf. Ácida ----- µg PNP/g h -----	Arilsulfatase µg PNP/g h	B-glucosidade	Respirometria µg CO ₂ /g dia	C- Biomassa µg C/g solo	N-biomassa µg N/g solo	C orgânico g/Kg solo
0	506	38,9	58,8	23,1	284	4,85	1,79
4	564	95,3	51,2	28,2	267	4,40	1,82
8	469	60,5	48,6	26,4	332	2,67	1,79
12	522	78,3	64,5	30,3	306	2,17	1,80
Médias	515	68,2	55,8	26,4	297	3,52	1,80
C.V. %	37,3	54,3	33,3	28,4	23,7	46,4	1,63
Amostra inicial	215	41,1	41,5	29,3	53	11,23	0,38

Médias seguidas por letras distintas diferem pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Dados do próprio autor

Essa alta variabilidade pode ser atribuída a vários fatores, incluindo diferenças na decomposição dos bio sólidos, variações na atividade microbiana ou nas condições ambientais durante o período experimental. A variabilidade observada pode afetar a confiabilidade das

conclusões sobre a eficácia do composto orgânico na melhoria da atividade enzimática do solo. Portanto, ao interpretar os resultados, é essencial considerar essa alta variabilidade e a necessidade de replicar o experimento em diferentes condições ou com um controle mais rigoroso das variáveis envolvidas

4.3 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Os dados referentes às características químicas do solo antes da aplicação do composto e um ano após a aplicação dos tratamentos estão dispostos na Tabela 6. Não foi identificada diferença estatística entre as diferentes doses aplicadas. Observou-se aumento na quantidade de matéria orgânica (M.O.), que passou para uma média de 16,1 g/dm³ em relação à média inicial dos blocos que era de 6,1 g/dm³. No entanto, mesmo após um ano da aplicação dos tratamentos, a média de MO não atingiu o patamar considerado ideal, que varia de 26 a 50 g/dm³.

Tabela 6. Atributos químicos do solo da camada de 0-20 cm um ano após a aplicação do composto orgânico, Pariquera-Açu, SP, 2023.

Doses Kg/planta	pH	MO	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0	3,74	14,4	23,6	5,5	18,4	2,4	1,88	3,20	342,2	1,58	2,52
4	3,78	15,8	21,8	3,9	16,0	2,8	1,24	3,50	313,0	1,56	3,32
8	3,80	15,6	20,6	4,1	18,0	3,0	1,56	3,48	286,6	1,64	2,52
12	3,94	18,4	25,2	5,0	23,2	5,0	1,58	3,02	266,6	1,88	2,94
Médias	3,82	17,1	22,8	4,6	18,9	3,3	1,6	3,3	302,1	1,7	2,8
Nível Adequado		26-50	16-40	1,0-1,8	12-24	4,6-9,0	0,2-0,6	0,8-1,2	19-30	6,0-8,0	1,0-1,5
C.V. %	3,29	13,6	21,6	33,9	34,4	63,3	33,9	17,6	27,0	43,6	29,7

Médias seguidas por letras distintas diferem pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Dados do próprio autor

Em relação às concentrações de fósforo também não apresentaram diferença estatística entre as doses de composto aplicadas, porém a média dos tratamentos (22,8 g/dm³) mostrou um aumento em relação à média dos blocos (20,5 g/dm³) antes da aplicação do composto. Os maiores teores de fósforo, numericamente, foram observados na testemunha e na dose de 12 Kg/planta (23,6 e 25,2 g/dm³).

Observou-se redução no teor de potássio ($4,6 \text{ mmol/dm}^3$) depois da aplicação em comparação com a média dos blocos ($5,88 \text{ mmol/dm}^3$), embora ainda esteja acima do nível adequado. Essa redução pode estar relacionada à alta demanda de potássio que a cultura exige durante seu ciclo. Outro fator a considerar é a dinâmica deste nutriente no solo. O potássio é facilmente lixiviado em comparação com outros nutrientes, especialmente em regiões com alta pluviosidade, como o Vale do Ribeira-SP.

Os teores de cálcio aumentaram após um ano de aplicação ($18,9 \text{ mmol/dm}^3$) em relação à média dos blocos ($17,0 \text{ mmol/dm}^3$). O magnésio, por outro lado, apresentou uma redução em seus teores após um ano de aplicação ($3,30 \text{ mmol/dm}^3$) quando comparado à média dos blocos antes da aplicação ($6,75 \text{ mmol/dm}^3$), embora tenhamos observado um aumento numérico nos teores com o aumento das doses aplicadas. Na Costa Rica, López (1983) recomendou valores equilibrados para relação Ca/Mg de 3,5 a 4,0, entretanto Delvaux (1995) considerou áreas adequadas ao cultivo de bananeiras que possuam relação K/Mg de 0,2 a 0,6 e para a relação Ca/Mg 3,5 a 4,0. No Brasil Borges *et al.* (2006) evidenciaram que devido a alta demanda de potássio pela bananeira, é crucial a aplicação de Mg para preservar a proporção K:Ca:Mg entre 0,5:3,5:1,0 e 0,3:2,0:1,0. Quando avaliado as relações a partir da média das doses de composto aplicadas após um ano encontramos desequilíbrio (1,24:5,7:1,0) das relações entre as bases no solo 1 ano após a aplicação do composto, seguindo a recomendação de Borges *et al.* (2006).

O teor de boro (B) apresentou uma média de $1,20 \text{ mg/dm}^3$ nos blocos antes da aplicação do composto. Após a aplicação, a média aumentou para $1,39 \text{ mg/dm}^3$. Em relação ao cobre (Cu), a média dos blocos antes da aplicação era de $0,18 \text{ mg/dm}^3$. Após a aplicação do composto, houve alteração, elevando a média para $3,30 \text{ mg/dm}^3$. O teor de ferro (Fe) também sofreu alterações, passando de uma média de $184,8 \text{ mg/dm}^3$ antes da aplicação para uma média de $302,25 \text{ mg/dm}^3$ após a aplicação. A concentração de manganês apresentou diminuição, reduzindo de média de $2,33 \text{ mg/dm}^3$ antes da aplicação para uma média de $1,67 \text{ mg/dm}^3$ após a aplicação. Por fim, o teor de zinco aumentou de uma média de $1,98 \text{ mg/dm}^3$ para uma média de $2,82 \text{ mg/dm}^3$ após a aplicação do composto. Observou-se um aumento nos teores de boro, cobre, ferro e zinco, enquanto houve diminuição no nível de manganês. Essas mudanças podem ter implicações significativas para a saúde do solo e a nutrição das plantas. No entanto, não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos, indicando que as variações podem ser atribuídas a fatores naturais ou a variações na amostragem. Mais pesquisas são necessárias para entender completamente o impacto dessas alterações nos níveis de micronutrientes.

4.4 ESTADO NUTRICIONAL DAS PLANTAS

Na Tabela 7 são expressos os teores foliares de macronutrientes com aplicação do composto orgânico com as doses avaliadas, não obtivemos diferença estatística entre os tratamentos testados, porém os resultados indicaram que a concentração média de nitrogênio foi de 26,8 g/kg, ligeiramente abaixo do nível adequado de 27-36 g/kg. A concentração média de fósforo foi de 1,95 g/kg, dentro do nível adequado de 1,8-2,7 g/kg. A concentração média de potássio foi de 26,6 g/kg, significativamente abaixo do nível adequado de 35-54 g/kg.. A concentração média de cálcio foi de 8,0 g/kg, dentro do nível adequado de 2,5-12,0 g/kg.. A concentração média de magnésio foi de 2,70 g/kg, abaixo do nível adequado de 3,0-6,0 g/kg.. A concentração média de enxofre foi de 1,6 g/kg, abaixo do nível adequado de 2,0-3,0 g/kg.

Tabela 7. Resultados das análises foliares de macronutriente em bananeiras com a aplicação do composto orgânico, Pariquera-Açu, SP, 2024.

Doses	N	P	K	Ca	Mg	S
Kg/planta	----- g/kg -----					
0	27,0	1,92	26,9	7,7	2,65	1,57
4	25,9	1,90	27,4	7,9	2,65	1,59
8	26,9	1,99	26,3	7,9	2,77	1,66
12	27,4	1,93	26,0	8,6	2,72	1,70
Médias	26,8	1,95	26,6	8,0	2,70	1,6
C.V. %	8,2	12,3	10,9	16,0	14,9	17,9
Níveis adequados	27-36	1,8-2,7	35-54	2,5-12,0	3,0-6,0	2,0-3,0

Médias seguidas por letras distintas diferem pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Dados do próprio autor

No entanto, as concentrações de alguns nutrientes ainda estavam abaixo dos níveis adequados, sugerindo a necessidade de ajustar as doses do composto orgânico ou complementar com outros fertilizantes para atingir os níveis adequados de todos os nutrientes. Outra possível circunstância é a não conformidade dos níveis adequados sugeridos, especialmente devido à ampla diversidade de grupos, subgrupos e variedades de bananeiras. Métodos alternativos para a estimação de padrões de comparação demonstram ser mais precisos e específicos, como é o caso do DRIS, que emprega normas para determinar os níveis críticos de nutrientes (TEIXEIRA; ZAMBROSI; BITTIOL NETO, 2007).

Constatou-se na Tabela 8 que não houve diferença nos teores foliares de micronutrientes

entre as doses do composto orgânico aplicados. Os teores de B, Cu e Zn ficaram dentro da faixa adequadas para o cultivo de bananeira em todas as doses de composto. Ao contrário dos teores de Fe e Mn, abaixo da faixa adequada. A concentração média de Mn foi de 79,2 mg/kg, abaixo do intervalo adequado. No entanto, esse achado está diretamente relacionado à pedologia presente no experimento, que foi caracterizada por Ivanauskas (1997) como um Latossolo Amarelo. Isso implica em baixos níveis de Mn ativo e elevados níveis de Mn inerte, como observado no estudo de Singh (1984) sobre a disponibilidade de micronutrientes em solos no trópico úmido brasileiro.

Tabela 8. Resultados das análises foliares de micronutriente em bananeiras com a aplicação do composto orgânico, Pariquera-Açu, SP, 2024.

Doses	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Kg/planta	----- mg.kg ⁻¹ -----				
0	11,14	3,57	55,8	69,65	16,36
4	14,03	4,34	57,5	83,77	15,75
8	13,88	4,02	53,7	73,17	17,83
12	12,79	4,00	68,3	90,30	16,60
Médias	13,0	4,0	58,8	79,2	16,6
C.V. %	39,3	17,3	25,9	35,8	14,1
Níveis adequados	10-25	3,0-30	80-360	200-2000	20-50

Médias seguidas por letras distintas diferem pelo Teste de Tukey (p<0,05).

Mesmo com altos teores de Fe no solo isso não se repercutiu nos teores foliares segundo Silva et al. (2011), a disponibilidade de Fe no solo é influenciada por vários fatores, sendo o pH um dos mais importantes. Além disso, a presença de matéria orgânica e fósforo no solo pode reduzir a disponibilidade de Fe para as plantas, pois o Fe deve ser convertido de Fe³⁺ para Fe²⁺ para que seja absorvido eficientemente. Conforme observado por De Oliveira e do Nascimento (2006), o Fe é mais disponível no solo quando o pH está entre 4,0 e 6,0, e sua deficiência geralmente resulta de um desequilíbrio com outros metais, como molibdênio, cobre e manganês (p. 105). Abreu, Lopes e Santos (2007) destacam que o zinco, em grandes quantidades, tende a associar-se à fração orgânica do solo, resultando em deficiência desse micronutriente, o qual pode ser temporariamente imobilizado pelos microrganismos do solo.

4.5 DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS

Os resultados do desenvolvimento das bananeiras com diferentes doses de composto orgânico neste ciclo de produção são apresentados na Tabela 9.

Em relação à altura do pseudocaule, observou-se na média dos dois ciclos, maiores valores nas doses de 4 e 8 kg/planta comparados com o tratamento sem aplicação do composto orgânico. Para o diâmetro do pseudocaule não se observou diferenças entre os tratamentos, porém observam-se maiores valores no 2º ciclo de produção.

O número de folhas no florescimento (NFF) e na colheita (NFC), a altura do filho no florescimento e na colheita e a taxa de crescimento entre estes dois períodos não apresentaram diferenças significativas entre as doses de composto orgânico aplicado.

Um dos fatores que podem justificar a não observação de impacto das diferentes doses de composto orgânico no desenvolvimento das plantas é que a demanda nutricional pode ter sido atendida pelas adubações nitrogenada e potássica realizadas em todas as parcelas.

Tabela 9. Médias da altura e diâmetro do pseudocaule da bananeira cv. Grande Naine com diferentes doses de composto orgânico, Pariquera-Açu, SP, 2023.

Doses Kg/planta	Altura (cm)			Diâmetro (cm)		
	1°C	2°C	Médias	1°C	2°C	Médias
0	306	295	300 b	28,6 B	30,4 A	29,5
4	317	319	318 a	28,9 B	31,4 A	30,2
8	321	312	317 a	28,2 B	30,2 A	29,2
12	314	311	312 ab	28,9 B	30,8 A	29,8
Médias	315	309		28,6	30,7	
C.V.1 %		3,7			4,0	
C.V.2 %		4,6			3,7	

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas entre doses (colunas) e maiúsculas entre ciclos de produção (linhas), diferem pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$)

Fonte: Dados do próprio autor

Para o número de folhas no florescimento, a média para o 1º ciclo foi de 13,1 e 11,2 para o 2º ciclo, como mostrado na Tabela 9. As médias individuais para cada dose de composto orgânico variaram pouco, ficando em torno de 12,1 a 12,4. Para o número de folhas na colheita, as médias gerais foram de 8,4 e 8,3 para o 1º e 2º ciclo, respectivamente.

Tabela 10. Médias do número de folhas ativas no florescimento e colheita do cacho da bananeira cv. Grande Naine com diferentes doses de composto orgânico, Pariquera-Açu, SP, 2023.

Doses Kg/planta	NFF			NFC		
	1°C	2°C	Médias	1°C	2°C	Médias
0	13,7 A	11,1 B	12,4	8,8	8,4	8,6
4	12,8 A	11,3 B	12,1	8,6	8,7	8,6
8	13,0 A	11,1 B	12,0	8,7	8,3	8,5
12	12,8 A	11,3 B	12,1	7,4	7,9	7,7
Médias	13,1 A	11,2 B		8,4	8,3	
C.V.1 %	6,2				25,1	
C.V.2 %	6,9				20,6	

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas entre doses (colunas) e maiúsculas entre ciclos de produção (linhas), diferem pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$); NFF: número de folhas ativas no florescimento; NFC: número de folhas ativas na colheita

Fonte: Dados do próprio autor

Na Tabela 10 observa-se as médias individuais para cada dose de composto orgânico variaram de 7,7 a 8,6. Esses resultados sugerem que a aplicação de diferentes doses de composto orgânico não teve um impacto significativo no número de folhas ativas no florescimento e na colheita da bananeira cv. Grande Naine. No entanto, é importante notar que a variabilidade foi maior na colheita em comparação com o florescimento. Isso pode ser devido a fatores ambientais e/ou práticas de manejo que ocorreram durante o desenvolvimento da bananeira, como atraso da aplicação preventiva de fungicidas para o controle da Sigatoka Negra.

A Tabela 11 são apresentadas as médias da altura do filho no florescimento (AFF) e na colheita (AFC), bem como a taxa de crescimento entre esses dois períodos para a bananeira cv. Grande Naine com diferentes doses de composto orgânico. Para a AFF, a média geral foi de 125 cm para o primeiro ciclo (1°C) e 80 cm para o segundo ciclo (2°C). As médias individuais para cada dose de composto orgânico variaram de 88 cm a 113 cm. Para a AFC, as médias gerais foram de 201 cm para o primeiro ciclo e 164 cm para o segundo ciclo. A taxa de crescimento média foi de 62,2% para o primeiro ciclo e 120,8% para o segundo ciclo. As médias individuais para cada dose de composto orgânico variaram de 77% a 118%. Esses resultados sugerem que a aplicação de composto orgânico pode ter impactado o crescimento da bananeira cv. Grande Naine. No entanto, é importante notar que a variabilidade foi maior na taxa de crescimento em comparação com a AFF e a AFC. Isso pode ser devido a fatores ambientais ou práticas de manejo que ocorreram após o florescimento.

Tabela 11. Médias da altura do filho no florescimento e na colheita do cacho e porcentagem de crescimento entre estes dois períodos da bananeira cv. Grande Naine com diferentes doses de composto orgânico, Pariquera-Açu, SP, 2023.

Doses	AFF (cm)			AFC (cm)			T. cresc. (%)		
	1°C	2°C	Médias	1°C	2°C	Médias	1°C	2°C	Médias
0	111 A	65 B	88	195 A	155 B	175	77 B	159 A	118
4	134 A	91 B	113	208 A	171 B	189	56	97	77
8	128 A	81 B	104	200 A	166 B	183	57	115	86
12	127 A	84 B	106	200 A	166 B	183	59	111	85
Médias	125	80		201 A	164 B		62,2 B	120,8 A	
C.V.1 %		26,7			11,9			59,0	
C.V.2 %		14,5			12,8			48,6	

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas entre doses (colunas) e maiúsculas entre ciclos de produção (linhas), diferem pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$); AFF: altura do filho no florescimento; AFC: altura do filho na colheita; taxa de crescimento do filho do florescimento a colheita

Fonte: Dados do próprio autor

Nas Tabelas 12, 13, 14 e 15 são apresentados os resultados das variáveis de produção nas diferentes doses de composto orgânico de dois ciclos de produção. Observaram-se que as diferentes doses aplicadas não resultaram em diferenças significativas em nenhuma das variáveis avaliadas, exceto para a massa fresca da 2ª penca e massa do fruto no 2º ciclo de produção, com maiores valores na dose de 4 Kg/planta.

Observa-se que houve diferença no comprimento e massa da banana com maior valor no 2º ciclo de produção na dose de 4 kg/planta do composto (Tabela 13). Esse aumento contribuiu para maior massa fresca dos frutos comercializáveis, com aumento de 6,0 kg por planta e consequentemente maior produtividade com aumento de 17,6 ton/ha (Tabela 11). Estes resultados comprovam que a aplicação de 4,0 kg por planta foi responsável pelo aumento da produção no 2º ciclo, visto que as doses do composto não iria diferir no 1º ciclo, pois a aplicação do composto orgânico foi realizado quando a maioria das plantas já tinha ocorrido a diferenciação floral. Isto não foi verificado nas demais doses, possivelmente devido ao efeito deletério ou liberação excessiva de nutriente do composto (verificar se isso se confirma na cinética de liberação de nutriente).

Tabela 12. Médias do intervalo entre o florescimento e a colheita e intervalo entre as colheitas da bananeira cv. Grande Naine com diferentes doses de composto orgânico, Pariquera-Açu, SP, 2023.

Doses Kg/planta	IFC (dias)			IPC (anos)		
	1°C	2°C	Médias	1°C	2°C	Médias

0	79 B	104 A	91,7	1,00 B	0,93 A	0,97
4	85 B	102 A	93,1	0,99 B	0,94 A	0,97
8	86	98	91,8	1,01 B	0,93 A	0,97
12	82 B	101 A	91,1	1,00 B	0,93 A	0,97
Médias	83	101		1,00	0,93	
C.V.1 %		7,6			2,4	
C.V.2 %		12,7			2,2	

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas entre doses (colunas) e maiúsculas entre ciclos de produção (linhas), diferem pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$); IFC: Intervalo entre o florescimento e a colheita; IPC: Intervalo entre as colheitas;

Fonte: Dados do próprio autor

Os resultados apresentados de desenvolvimento e produção forneceu visão inicial das respostas das plantas às diferentes doses aplicadas de composto orgânico. No entanto, os efeitos benéficos da aplicação de composto orgânico são demorados, sendo necessário conduzir o estudo por mais ciclos de produção, a fim de se evidenciar relações dose-resposta mais claras.

Tabela 13. Médias da massa fresca do cacho e dos frutos comercializáveis e produtividade da bananeira cv. Grande Naine com diferentes doses de composto orgânico, Pariquera-Açu, SP, 2023.

Doses Kg/planta	MFC (Kg)			MFFC (Kg)			Prod. (t/ha.ano)		
	1°C	2°C	Médias	1°C	2°C	Médias	1°C	2°C	Médias
0	33,1	33,9	33,5	30,2	31,1	30,7	60,8	66,5	63,7
4	34,4 B	40,9 A	37,6	31,5 B	37,5 A	34,6	63,4 B	80,6 A	72,0
8	35,9	33,9	34,9	32,7	31,2	32,0	64,9	67,2	66,1
12	31,9	36,8	34,3	29,0	33,9	31,4	58,0 B	72,8 A	65,4
Médias	33,8	36,3		30,9 B	33,5 A		61,8 B	71,8 A	
C.V.1 %		11,1			11,4			11,8	
C.V.2 %		11,1			11,6			11,2	

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas entre doses (colunas) e maiúsculas entre ciclos de produção (linhas), diferem pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$); MFC: Massa fresca do cacho; MFFC: massa fresca dos frutos comercializáveis; Produtividade: (Kg por hectare por ano)

Tabela 14. Médias do número de pencas, total de frutas e número de frutos na 2ª penca da bananeira cv. Grande Naine com diferentes doses de composto orgânico, Pariquera-Açu, SP, 2023.

Doses Kg/planta	NP	NFT	NF 2ª p
--------------------	----	-----	---------

	1°C	2°C	Médias	1°C	2°C	Médias	1°C	2°C	Médias
0	9,3	9,6	9,5	192	182	182	26,6	23,6	25,1
4	9,5	10,9	10,2	177	189	183	24,6	23,3	23,9
8	10,5 A	8,9 B	9,7	198 A	170 B	184	24,0	22,1	23,0
12	9,5	9,6	9,6	183	183	183	25,2	25,3	25,2
Médias	9,7	9,8		185	181		25,1	23,6	
C.V.1 %		11,2			9,7			11,9	
C.V.2 %		11,8			11,5			11,3	

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas entre doses (colunas) e maiúsculas entre ciclos de produção (linhas), diferem pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$); NP: número de pencas; NTF: número total de frutos; NF 2ª p: número de frutos na 2ª Penca;

Fonte: Dados do próprio autor

Tabela 15. Médias da massa fresca da 2ª penca e por fruto e comprimento do fruto da bananeira cv. Grande Naine com diferentes doses de composto orgânico, Pariquera-Açu, SP, 2023.

Doses Kg/planta	MF 2ª p (Kg)			MF/fruto (g)			CF (cm)		
	1°C	2°C	Médias	1°C	2°C	Médias	1°C	2°C	Médias
0	4,8	4,3 b	4,6	184	187 b	186 b	22,9	22,5	22,7
4	4,7	5,4 a	5,1	196 B	232 a A	214 a	22,6 B	23,6 A	23,1
8	4,5	4,3 b	4,4	191	200 ab	196 ab	22,3	23,1	22,8
12	4,7	5,0 ab	4,8	187	200 ab	193 ab	22,3	22,5	22,4
Médias	4,7	4,8		190 B	205 A		22,5	22,9	
C.V.1 %		13,9			8,2			3,9	
C.V.2 %		10,9			9,6			2,8	

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas entre doses (colunas) e maiúsculas entre ciclos de produção (linhas), diferem pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$); MF 2ª p: massa fresca da 2ª penca; MF/fr.: massa fresca por fruto; e CF: comprimento do Fruto

Fonte: Dados do próprio autor

Os resultados apresentados de desenvolvimento e produção forneceu visão inicial das respostas das plantas às diferentes doses aplicadas de composto orgânico. No entanto, os efeitos benéficos da aplicação de composto orgânico são demorados, sendo necessário conduzir o estudo por mais ciclos de produção, a fim de se evidenciar relações dose-resposta mais claras. Além disso, fatores adicionais, como adubações anteriores, podem estar influenciando as respostas das plantas e devem ser considerados. Outro fator crítico a ser considerado é a heterogeneidade de plantas em diferentes estádios da planta, desde em desenvolvimento inicial

até plantas no processo de enchimento dos frutos. Portanto, em um bananal já estabelecido temos uma vasta variabilidade de estádios de desenvolvimento, cada uma delas com exigências nutricionais específicas e a adubação química ou orgânica pode afetar cada um deles de maneira diferente. Por isso, estas diferenças causadas por estas variações podem ser mitigadas com um maior número de ciclos produtivos avaliados.

5 CONCLUSÃO

- A liberação inicial de potássio e enxofre foi a maior, com o modelo de regressão linear predominando;
- Não houve diferença entre os tratamentos aplicados nos atributos químicos e na atividade biológica do solo;
- Não houve diferença nas avaliações de desenvolvimento, exceto na média dos dois ciclos da altura do pseudocaule;
- Na produção, houve diferença apenas no primeiro e segundo ciclo para a dose de 4 kg/planta de composto orgânico;

6 REFERÊNCIAS

ABREU, C. A. DE, LOPES, A. S., & SANTOS, G. C. G. DOS. **Micronutrientes**. In R. F. Novais, V. H. Alvarez V., N. F. de Barros, R. L. F. Fontes, R. B. Cantarutti, & J. C. L. Neves (Eds.), *Fertilidade do Solo* (p. 65). Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

ARNONE, J.A.; ZALLER, J.G.; SPEHN, E.; HIRSCHL, G.; NIKLAUS, P.; KORNER, C. **Dynamics of root systems in native grasslands: Effects of elevated atmospheric CO₂**. *New Phytologist* 147, 73–85. 2000.

BABEL, U. Micromorphology in soil organic matter. In GIESEKING, J.E. (ed.), **Soil Components**. v. 1. Organic Components. Springer, New York, pp. 369–473. 1975.

BAKER J.M.; OCHSNER T.E.; VENTEREA R.T.; GRIFFIS T.J. Tillage and soil carbon sequestration—what do we really know? **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.118, p.1–5. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.05.014>.

BAL, L. **Micromorphological Analysis of Soils - Lower Levels in the Organization of Organic Soil materials**. Soil Survey Paper 6. Soil Survey Institute, Wageningen, The Netherlands, 174 p. 1973.

BALOTA, E.L.; KANASHIRO, M.; COLOZZI, A.; ANDRADE, D.S.; DICK, R.P. Soil enzyme activities under long-term tillage and crop rotation systems in subtropical agroecosystems. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.35, p.300-396, 2004.

BARRATT, B.C., A classification of humus forms and micro-fabrics of temperate grasslands. **Journal of Soil Science**, v.15, p.342–356, 1964.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: IAC, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).

BAUER A.; BLACK A.L. Organic carbon effects on available water capacity of three soil textural groups. **Soil Science Society of America Journal**, v.56, p.248–254, 1992.

BHARDWAJ A.K.; JASROTIA P.; HAMILTON S.K.; ROBERTSON G.P. Ecological management of intensively cropped agroecosystems improves soil quality with sustained productivity. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.140, p.419–429, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.01.005>.

BLAZEJEWSKI, G.A.; STOLT, M.H.; GOLD, A.J.; GROFFMAN, P.M. Macro- and micromorphology of subsurface carbon in riparian zone soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.69, p.1320–1329, 2005.

BONN, H.L.; MCNEAL, B.L.; O’CONNOR, G.A. **Soil Chemistry**. Wiley, New York, NY, USA, 341 p. 1985.

BORGES, A.L. Adubação e calagem. In: BORGES, A.L.; SOUZA, L.S. (Ed.). **O cultivo da bananeira**. Brasília: EMBRAPA, 2004. p. 32-44.

BORGES, A.L., OLIVEIRA, A.M.G. Nutrição, calagem e adubação. In: CORDEIRO, Z. (Org.). **Banana produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa, 2000. p. 47-59. (Frutas do Brasil, 1).

BORGES, A.L.; OLIVEIRA, A.M.G.; SOUZA, L.S. Solos, nutrição e adubação. In: ALVES, E.J. **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2.ed., rev., Brasília: EMBRAPA-SPI/Cruz das Almas: EMBRAPA - CNPMF, 1999. p. 197-260.

BRADY N.C., WEIL R.R. **The nature and properties of soils**. 14th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River. 2007.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas, Instituto Agronômico, 2009. 77 p. (Boletim técnico, 106, Edição revista e atualizada).

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.V.H.; BARROS, N.F.;

FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. P.375-470.

CARVALHO, J. S. DE, BIZERRA, E. C., MARQUES, P. R. R., DONATO, S. L. R., MAGALHÃES, D. B., RAMPAZZO, M. C. Características fitotécnicas e nutricionais de bananeiras submetidas a fontes de fertilizantes para o manejo orgânico. *Nativa*, Sinop, v. 8, n. 3, p. 367-375, mai./jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i3.8424>. ISSN: 2318-7670. Disponível em: <http://www.ufmt.br/nativa>.

CRAFT, C.B., Biology of wetland soils. In Richardson, J.L. & Vepraskas, M.J. (eds.), **Wetland soils: Genesis, Hydrology, Landscapes, and Classification**. CRC Press, Boca Raton, USA, p.107–135, 2001.

DALIAKOPOULOS, I.N.; TSANIS, I.K.; KOUTROULIS, A.; KOURGIALAS, N.N.; VAROUCHAKIS, A.E.; KARATZAS, G.P.; RITSEMA, C.J. The threat of soil salinity: a European scale review. **Science of The Total Environment**, v.573, p.727-739, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.177>.

DAMATTO JÚNIOR, E. R. Adubação orgânica da bananeira prata-anã e experiências com outras cultivares nas Ilhas Canárias. 94 f. **Tese (Doutorado)**. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008.

DE CONINCK, F.; RIGHI, D.; MAUCORPS, J.; ROBIN, A.M. Origin and micromorphological nomenclature of organic matter in sandy Spodosols. In: RUTHERFORD, G.K. (ed.), **Soil Microscopy**. The Limestone Press, Kingston, Ontario, p.263–280, 1974.

DONG, W.; ZHANG, X.; WANG, H.; DAI, X.; SUN, X.; QIU, W.; YANG, F. Effect of different fertilizer application on the soil fertility of paddy soils in red soil region of southern China. **PLoS One**, v.7, n.9, p.e44504, 2012.

DURÁN, A. J. MARTÍNEZ; NÚÑEZ, V. A. RODRÍGUEZ; JÁQUEZ, J. D. C. CASTILLO.

Use of biosolids from wastewater treatment plants and other organic fertilizers in agriculture—a preliminary results of a case study in banana cultivation in the Dominican Republic. **Front. Water**, v. 5, artigo 1236924, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/frwa.2023.1236924>. Acesso em: 28 jun. 2024.

DURÁN, A. J. MARTÍNEZ; NÚÑEZ, V. A. RODRÍGUEZ; JÁQUEZ, J. D. C. CASTILLO. Use of biosolids from wastewater treatment plants and other organic fertilizers in agriculture—a preliminary results of a case study in banana cultivation in the Dominican Republic. **Front. Water**, v. 5, artigo 1236924, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/frwa.2023.1236924>. Acesso em: 28 jun. 2024.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípio e aplicações**. 2.ed. Londrina: Editora Planta, 402p. 2006.

EDMEADES D.C. The long-term effects of manures and fertilisers on soil productivity and quality: a review. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.66, p.165–180, 2003.

FALKOWSKI, P.G.; FENCHEL, T.; DELONG, E.F. The microbial engines that drive Earth's biogeochemical cycles. **Science**, v.320, p.1034-1039, 2008.

FAO-Food and Agriculture Organization of the United Nations, The importance of soil organic matter, Rome. 2005.

FAOSTAT. Agricultural data. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>> Consultado em: 28 agosto de 2022.

FIERER, N. Embracing the unknown: disentangling the complexities of the soil microbiome. **Nature Reviews Microbiology**, v.15, n.10, p.579, 2017.

FINE, AK; VAN ES, H.M.; SCHINDELBECK, R.R. Statistics, scoring functions, and regional analysis of a comprehensive soil health database. **Soil Science Society of America Journal**, v.81, p.589–513, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.2136/sssaj2016.09.0286>

FOURÉ, E.; GANRY, J. A biological forecasting system to control Black Leaf Streak. **Fruits**,

63, n.5, 311-317, 2008.

FOX, C.A. A morphometric system for describing the micromorphology of organic soils and organic layers. **Canadian Journal of Soil Science**, v.64, p.495–503, 1984.

GANS, J.; WOILINSKY, M.; DUNBAR, J. Computational improvements reveal great bacterial diversity and high metal toxicity in soil. **Science**, v. 309, p.1387-1390, 2005.

GREEN, V.S.; STOTT, D.E.; CRUZ, J.C.; CURI, N. Tillage impacts on soil biological activity and aggregation in a Brazilian Cerrado Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v.92, p114-121, 2007.

GUERRA, A. G. **Cultivo da Banana**. São Paulo: Clube de Autores, 2020.

HATFIELD J.L.; SAUER T.J.; CRUSE R.M. Soil: the forgotten piece of the water, food, energy Nexus. **Advances in Agronomy**, v.143, p.1–46, 2017. Disponível em:<https://doi.org/10.1016/bs.agron.2017.02.001>

HENDRICK, R.L.; PREGITZER, K.S. The relationship between fine root demography and the soil, **Écoscience**, v.4, n.1, p.99-105, 1997.

HERRICK J.E. Soil quality: an indicator of sustainable land management? **Applied Soil Ecology**, v.15, p.75–83, 2000.

HOLLOWAY, J.D.; STORK, N.E. The dimension of biodiversity: the use of invertebrates as indicators of human impact. In: Hawksworth, D.L. (ed.). **The biodiversity of microorganisms and invertebrates: its role in sustainable agriculture**. Wallington: CAB International, p. 37-63, 1991.

HUSON, D.H.; AUCH, A.F.; QI, J.; SCHUSTER, S.C. Megan analysis of metagenomic data. **Genome Research**, v.17, p.377-386, 2007.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, SIDRA. [www. ibge.org.br](http://www.ibge.org.br). Acesso dia

28 agosto 2022.

IVANAUKAS, N.M. Caracterização florística e fisionômica da Floresta Atlântica sobre a Formação Pariquera-Açu, na Zona da Morraria Costeira do Estado de São Paulo. Dissertação de mestrado, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

JOHNSTON A.E.; POULTON P.R.; COLEMAN K. Soil organic matter: its importance in sustainable agriculture and carbon dioxide fluxes. **Advances in Agronomy**, v.101, p.1–57, 2009. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)00801-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)00801-8)

KLEIN, V.A.; LIBARDI, P.L.; SILVA, A.P. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes condições de densidade e teor de água. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.18, n.2, p.45-54, 1998.

KÖBERL, M.; DITA, M.; MARTINUZ, A.; STAYER, C.; BERG, G. Members of *Gammaproteobacteria* as indicator species of healthy banana plants on Fusarium wilt-infested fields in Central America. **Scientific Reports**, v.7, p.1-9, 2017.

KUBIENA, W. **The Soils of Europe**. Thomas Murby, London, UK, p.318, 1953. LAHAV, E.; TURNER, D.W. **Banana**. 2.ed. Berna: IPI, 62p. 1989. (Bulletin, 7)

LIANG, B.; ZHAO, W.; YANG, X.; ZHOU, J. Fate of nitrogen-15 as influenced by soil and nutrient management history in a 19-year wheat-maize experiment. **Field Crops Research**, v.144, p.126-134, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.12.007>

LISBOA, B.B.; VARGAS, L.K.; SILVEIRA, A.O.; MARTINS, A.F.; SELBACH, P.A. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.45-55, 2012.

LIU, Z.; CHEN, X.; JING, Y.; LI, Q.; ZHANG, J.; HUANG, Q. Effects of biochar amendment on rapeseed and sweet potato yields and water stable aggregate in upland red soil. **Catena**, v.123, p.45–51, 2014.

LONGA, C.M.; NICOLA, L.; ANTONIELLI, L.; MESCALCHIN, E.; ZANZOTTI, R.;

TURCO, E.; PERTOT, I. Soil microbiota respond to green manure in organic vineyards. **Journal of Applied Microbiology**, v.123, n.6, p.1547-1560, 2017.

LOVELAND P.; WEBB J. Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review. **Soil and Tillage Research**, v.70, p.1–18, 2003.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 319 p. 1997.

MARTIN-PRÉVEL, P. Bananier. In: MARTIN-PRÉVEL, P.; GAGNARD, J.; GAUTIER, P. (Ed.). **L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales**. Paris: Tec&Doc, cap. 12, p.715-751. 1984.

MAUSBACH, M.J.; RICHARDSON, J.L. Biogeochemical processes in hydric soils. **Current Topics in Wetland Biogeochemistry**, v.1, p.68–127, 1994.

MENDES, I.C.; CAETANO, J.O.; HERNANI, L.C.; REIS-JUNIOR, F.B.; BENITES, V.M. Soil enzymes activities in Cerrado's grain-crops farming systems with Brachiaria. In: **World Congress on Integrated Crop-Livestock-Forest Systems**; 2015; Brasília, DF. Brasília, DF: Embrapa; 2015.

MENDES, I.C.; SOUSA, D.M.G.; REIS JUNIOR, F.B.; LOPES, A.A.C.; SOUZA, L.M. & CHAER, G. Bioanálise de solo: aspectos teóricos e práticos. **Tópicos Ciência do Solo**, v.10, p.1-64, 2019.

MENDES, I.C.; SOUZA, L.V.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C. Biological properties of aggregates from a Cerrado Oxisol under conventional and no-till management systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.435-443, 2003.

MENDES, L.W.; RAAIJMAKERS, J.M.; DE HOLLANDER, M.; MENDES, R.; TSAI, S.M. Influence of resistance breeding in common bean on rhizosphere microbiome composition and function. **The ISME Journal**, v.12, n.1, p.212, 2018.

MISRA, P.; MAJI, D.; AWASTHI, A.; PANDEY, S.S.; YADAV, A.; PANDEY, A.; KALRA A. Vulnerability of soil microbiome to monocropping of Medicinal and Aromatic Plants and its restoration through intercropping and organic amendments. **Frontiers in Microbiology**, v.10, p.2604, 2019.

MORAES, W. da S.; MODENESE-GORLA da SILVA, S. H.; FUKUDA, E.; SILVA, C. M. da. Técnica de monitoramento da Sigatoka-negra na cultura da banana. **Pesquisa & Tecnologia**, v.8, n.2, 9p, 2011.

MORAES, W. S.; FUKUDA, E.; MODONESE-GORLA da SILVA, S. H.; MENDONÇA, J. C.; LIMA, J. D.; MENDES, C. S. (2005). Aplicativo para estimativa biológica da Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet). **Fitopatologia Brasileira**, v.30, n.3, p.193, 2001. (Suplementos).

MOREIRA, R.S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. Campinas: Fundação Cargill (CD ROM) – 2ª edição, 1999. 335p.

NEVES, L. S.; ERNANI, P. R.; SIMONETE, M. A. Mobilidade de potássio em solos decorrente da adição de doses de cloreto de potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 25-32, 2009.

NOMURA, E.S. Quase todas as regiões produtoras de banana no Brasil contam com tecnologia no cultivo. **Anuário da Agricultura Brasileira – AGRIANUAL 2016**, p.163, 2015.

NRCS. **Farming in the 21st century: a practical approach to improve soil health**. USDA, Natural Resources Conservation Service, Washington, DC. 2012.

NUNES, F. N.; NOVAIS, R. F.; SILVA, I. R.; GEBRIM, F. O.; SÃO JOSÉ, J. F. B. **Fluxo difusivo de ferro em solos sob influência de doses de fósforo e de níveis de acidez e umidade**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 3, p. 423-429, 2004.

OLDFIELD E.E.; WOOD A.S.; PALM C.A.; BRADFORD M.A. How much SOM is needed for sustainable agriculture? **Frontiers in Ecology and the Environment**, v.13, p.527–527,

DE OLIVEIRA, A. B.; DO NASCIMENTO, C. W. A. Formas de manganês e ferro em solos de referência de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 30, n. 1, p. 99-110, 2006.

OLIVEIRA, M.V.A.M.; VILLAS-BÔAS, R.L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Engenharia Agrícola**, v.28, n.1,2008.

PADOVAN, M.P.; ALMEIDA, D.L. de; GUERRA, J.G.M.; RIBEIRO, R. da L.D.; OLIVEIRA, F.L.; SOUTO, S.M.; ALVES, B.J.R.; SANTOS, L.A. Decomposição e liberação de nutrientes de soja cortada em diferentes estádios de desenvolvimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.667-672, 2006.

PAUNGFOO-LONHIENNE, C.; REDDING, M.; PRATT, C.; WANG, W. Plant growth promoting rhizobacteria increase the efficiency of fertilisers while reducing nitrogen loss. **Journal of Environmental Management**, v.233, p.337e341, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.052>.

PAWLUK, S. Faunal micromorphological features in moder humus of some western Canadian soils. **Geoderma**, v.40, p.3–16, 1987.

PEIXOTO, R.S.; CHAER, G.M.; FRANCO, N.; REIS Jr, F.B.; MENDES, I.C.; ROSADO,A.S. A decade of land use contributes to changes in the chemistry, biochemistry and bacterial community structures of soils in the Cerrado. **Antonie van Leeuwenhoek**, v.98, p.403-413, 2010.

PITTELKOW C.M.; LIANG X.; LINQUIST B.A.; VAN GROENIGEN, K.J.; LEE, J.;LUNDY, M.E.; Van GESTEL, N.; SEIS, J.; VENTÉREA, R;T.; VAN KESSEL, C. Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. **Nature**, v.517, p.365–368, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nature13809>

PONNAMPERUMA, F.N. The chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy**, v.24,

p.29–96, 1972.

POWLSON D.S.; STIRLING C.M.; JAT M.L.; GERARD, B.G.; PALM, C.A.; SANCHEZ, P.A.; CASSMAN, K.G. Limited potential of no-till agriculture for climate change mitigation. **Nature Climate Change**, v.4, p.678–683 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nclimate2292>

QIAN, H.; CHEN, L.; SUN, B. Relative impact of climate and long-term manuring in shaping water variation in red soil profile during different hydrological years. **Soils**, v.47, n.2, p.378–386, 2015.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285p.

REEVES D.W. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. **Soil and Tillage Research**, v.43, p131–167, 1997.

REZENDE, C. de P.; CANTARUTTI, R.B.; BRAGA, J.M.; GOMIDE, J.A.; PEREIRA, J.M.; FERREIRA, E.; TARRÉ, R.; MACEDO, R.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; CADISCH, G.; GILLER, K.E.; BODDEY, R.M. Litter deposition and disappearance in *Brachiaria* pastures in the Atlantic Forest region of the south of Bahia, Brazil. **Nutrients Cycling in Agroecosystems**, v.54, n.2, p.99-112, 1999.

ROBERTSON G.P.; GROSS K.L.; HAMILTON S.K.; LANDIS, D.A.; SCHMIDT, T.M.;SNAPP, S.S.; SWINTON, S.M. Farming for ecosystem services: an ecological approach to production agriculture. **Bioscience**, v.64, p.404–415 2014.
Disponível em: <https://doi.org/10.1093/biosci/biu037>

ROMIG D.E.; GARLYND M.J.; HARRIS R.F.; MCSWEENEY K. How farmers assess soil health and quality. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.50, p.229–236, 1995.

ROSOLEM, C. A.; SANTOS, F. P. dos; FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C. Potássio no solo

em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, 2006.

ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado**. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. 118p.

SCARPARE FILHO, J.A.; SILVA, S.R.; SANTOS, C.B.C.; NOVOLETTI, G. **Cultivo e produção de banana**. Piracicaba: ESALQ, 2016.

SCHLOSS, P.D.; HANDELSMAN, J. Toward a census of bacteria in soil. **PLOS Computational Biology**, v.2, p.786-793, 2006.

SCHLOSS, P.D.; WESTCOTT, S.L.; RYABIN, T.; HALL, J.R.; HARTMANN, M.; HOLLISTER, E.B.; LESNIEWSKI, R.A.; OAKLEY, B.B.; PARKS, D.H.; ROBINSON, C.J.; SAHL, J.W. Introducing mothur: open-source, platform-independent, community-supported software for describing and comparing microbial communities. **Applied and Environmental Microbiology**, v.75, p.7537-7541, 2009.

SHEN, Z.; RUAN, Y.; XUE, C.; ZHONG, S.; LI, R.; SHEN, Q. Soils naturally suppressive to banana Fusarium wilt disease harbor unique bacterial communities. **Plant Soil**, v.393, p.21-33.2015.

SINGH, R. Disponibilidade de micronutrientes em classes dominantes de solos do trópico úmido brasileiro. II. Manganês, Belém: EMBRAPA / CPATU, 1984. (Boletim de Pesquisa, 62).

SMITH, J.L.; PAUL, E.A. The significance of soil microbial biomass estimations. In: BOLLAG, J.; STOTZKY, D.G.; editor. **Soil Biochemistry**. New York: Marcel Dekker; 1990. v. 6. p.357-96.

SOTO-BALLESTERO, M. **Bananos: técnicas de producción, poscosecha y comercialización**. 3.ed. San José: Litografía e Imprensa LIL, 2008. 1 CD-ROM.

STOLF, R. **Operação do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR., 1984. 8p. (Série Penetrômetro de Impacto. Boletim n.2)

STOLF, R.; MURAKAMI, J.; BRUGNARO, C.; SILVA, L.G.; SILVA, L.C.F.; MARGARIDO, L.A.C. Penetrômetro de impacto Stolf - programa computacional de dados em EXCEL-VBA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 774-782, 2014.

STOOPS, G. **Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections**. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 184 p. 2003.

TABATABAI, M.A. Soil enzymes. In: WEAVER, R.W.; SCOTT, A.; BOTTOMLEY, P.J.; editors. **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties**. Madison: Soil Science Society of America; 1994, v.2. p.778-833.

TEIXEIRA, L.A.J.; ZAMBROSI, F.C.B. & BETTIOL NETO, J.E. Avaliação do estado nutricional de bananeiras do subgrupo cavendish no Estado de São Paulo: Normas DRIS e níveis críticos de nutrientes. **R. Bras. Frutic.**, 29:613-620,2007.

TEIXEIRA, L.A.J.; NOMURA, E.S.; DAMATTO JUNIOR, E.R.; FUZITANI, E.J. Banana. In: AGUIAR, A.T.E.; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M.E.A.G.; TUCCI, M.G.S.; CASTRO, C.E.F (Eds.). **Instruções Agrícolas para as principais culturas econômicas**. 7.ed. rev. Campinas: Instituto Agronômico, 2014. p. 46-51. (Boletim Técnico, 200).

TIAN, S.; WANG, M.; CHENG, Y.; CHEN, X.; LI, D.; HU, F.; LIU, M. Long-term effects of chemical and organic amendments on red soil enzyme activities. **Acta Ecologica Sinica**, v.37, n.15, p.4963–4972, 2017.

TINGEY, D.T.; PHILLIPS, D.L.; JOHNSON, M.G. Elevated CO₂ and conifer roots: Effects on growth, life span and turnover. **New Phytologist**, v.147, p.87–103, 2000.

TORRI, S. I.; CORRÊA, R. S.; RENELLA, G. Sequestro de Carbono no Solo Resultante da Aplicação de Biossólidos. **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2014, Artigo ID 821768, 9 páginas, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/821768>.

WILLIAMS A.; HEDLUND K. Indicators of soil ecosystem services in conventional and

organic arable fields along a gradient of landscape heterogeneity in southern Sweden. **Applied Soil Ecology**, v.65,p.1–7, 2013.

XU, C.; BAI, S.; HAO, Y.; RACHAPUTI, R.C.N.; XU, Z.; WALLACE, H.M. Peanut shell biochar improves soil properties and peanut kernel quality on a red ferrosol. **Journal of Soils and Sediments**, v.15, n.11, p.2220–2231, 2015.

XU, H.; ZHANG, J.; CAI, A.; WANG, X.; ZHANG, W. Retention characteristic of carbon and nitrogen from amendments in different size aggregates of red soil. **Acta Ecologica Sinica**, v.48, n.23, p.4660–4668, 2015.

ZHANG, J.; BEI, S.; LI, B.; ZHANG, J.; CHRISTIE, P.; LI, X. Organic fertilizer, but not heavy liming, enhances banana biomass, increases soil organic carbon and modifies soil microbiota. **Applied Soil Ecology**, v. 136, p. 67-79, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.12.017>. Acesso em: 28 jun. 2024.

ZHANG, X.; ZHANG, R.; GAO, J.; WANG, X.; FAN, F.; MA, X.; YIN, H.; ZHANG, C.; FENG, K.; DENG, Y. Thirty-one years of rice-rice-green manure rotations shape the rhizosphere microbial community and enrich beneficial bacteria. **Soil Biology and Biochemistry**, v.104, p.208-17, 2017.

ZHAO, X., CAI, Y., PENG, C., ZHAO, S., LI, Y., Regulation of nitrification in latosolic red soils by organic amendment. **Environmental Earth Sciences**, v.71, n.9, p.3865–3878, 2014.

ZHU, E.; DENG, J.; WANG, H.; WANG, K.; HUANG, L.; ZHU, G.; BELETE, M.; SHAHTAHMASSEBI, A. Identify the optimization strategy of nitrogen fertilization level based on trade-off analysis between rice production and greenhouse gas emission. **Environmental Earth Sciences**, v.239, p.e118060, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118060>.